BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Die

Botanik

als

inductive Wissenschaft

behandelt

von

M. J. Schleiden, Dr.

Ausserordentlichem Professor zu Jena.

Erster Theil:

Methodologische Grundlage. Vegetabilische Stofflehre. Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Mit eingedruckten Holzschnitten und einer Kupfertafel.

Leipzig,
Verlag von Wilhelm Engelmann.

1845.

Grundzüge der Wissenschaftlichen Botanik

nebst einer

Methodologischen Einleitung

als

Anleitung zum Studium der Pflanze

von

M. J. Schleiden, Dr.
Ausserordentlichem Professor zu Jena.

Motto: Ich bild' mir nicht ein, was Rechtes zu wissen.
Faust.

Erster Theil:

Methodologische Grundlage. Vegetabilische Stofflehre. Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Zweite gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit eingedruckten Holzschnitten und einer Kupfertafel.

Leipzig,
Verlag von Wilhelm Engelmann.

1845.

219. D.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Sr. Excellenz

dem wirklichen Geheimrath, Freiherrn

Alexander von Humboldt

als

Zeichen seiner Verehrung

gewidmet

vom

Verfasser.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Ew. Excellenz!

Als der Knabe, wie Knaben pflegen, in Beschreibungen fremder Länder und Völker, in den Schilderungen abenteuerlicher Seefahrten und gefahrvoller Wanderungen durch wilde, reiche Tropenwelten Nahrung für seine kindliche Phantasie suchte, begegnete ihm überall Ihr Name und der jugendliche Hang zur Bewunderung alles Grossen umkleidete bald Ihr Bild mit dem zauberischen Glanze des Wunderbaren und Geheimnissvollen. Die seltsame Macht, welche die Aneinanderreihung an sich unbedeutender Beziehungen so oft auf den Menschen ausübt, drängte den Jüngling auf eine Bahn, die erst der werdende Mann, begünstigt durch die treueste Vaterliebe, wieder

verliess, um sich ganz dem Studium der Natur zuzuwenden, welches er, vielleicht mit Unrecht, als seinen inneren Beruf anzusehen sich gewöhnte. Hier gestaltete sich nun die kindliche Bewunderung bald zu einer tiefen, sich ihrer Gründe bewussten Verehrung vor dem Manne, der wie keiner alle Zweige der Natur umfassend, wie keiner sein ganzes Leben, seine geistige wie materielle Kraft der Fortbildung der Wissenschaft geopfert hatte. Dazu gesellte sich die wärmste Dankbarkeit, indem Sie mit freundlicher Nachsicht meine ersten Versuche aufnahmen, durch Ihre Theilnahme förderten und mir den Muth gaben, auf der gewählten Bahn hoffnungsvoll weiter zu streben.

Wenn ich jetzt die Resultate vieljährigen Beobachtens und Nachdenkens in Gegenwärtigem Ihnen zu widmen wage,

so geschieht es nur, um dem innern Drange zu genügen, der Ihnen so gern ein sichtbares Zeichen dieser aufrichtigen Verehrung darbieten möchte. Ich bringe Ihnen das Beste dar, was ich habe. Dass das vielleicht sehr wenig ist, will ich gern zugestehen. Aber gewiss bin ich, dass, wenn auch nur etwas Gutes darunter ist, es dem Auge des Mannes nicht entgehen wird, der selbst das Höchste leistend, stets mit liebevoller Nachsicht und Schonung auch die unbedeutendste der Wissenschaft dargebrachte Gabe freundlich aufnahm, und erst indem er sie an ihren rechten Platz stellte, ihr einen Werth zu verleihen wusste, den sie für sich nicht hatte.

In dieser Ueberzeugung und hoffend, dass Sie mehr den Wunsch meines Herzens als die That messend mir die so oft bewiesene Nachsicht zu Theil werden lassen, wage ich es

Ihnen diese Blätter zu widmen als Zeichen der innigen Verehrung, mit der ich verharre

Ew. Excellenz

aufrichtig ergebener

M. J. Schleiden, Dr.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Wenn es mich auch erfreut hat, dass schon vor dem Erscheinen des zweiten Bandes dieses Werkes das Bedürfniss einer zweiten Auflage sich herausstellte, so bin ich doch weit entfernt dasselbe der Vortrefflichkeit meiner Arbeit zuzuschreiben. Der Grund liegt ein Mal in dem immer reger sich entwickelnden Eifer für wahrhaft wissenschaftliches Studium der Botanik, ein Eifer, der zunächst ohne Bedenken nach jedem Hülfsmittel greift, welches ihm angeboten wird. Sodann hat aber auch eine Eigenschaft meines Werkes vielleicht einen Antheil an dem sogenannten Glück, welches es gemacht hat, eine Eigenschaft, die vielleicht sein einziges Verdienst ist, ich meine seine völlige Selbstständigkeit und Ursprünglichkeit. Bei weitem der grösste Theil unserer botanischen Handbücher ist aus den zehn nächst vorhergehenden zusammengeschrieben und was neu und eigen daran ist, beschränkt sich nächst unbedeutenden Kleinigkeiten auf das leere Fachwerk der Anordnung und den Wust überflüssiger neuer Kunstwörter für alte Dinge. Selbst die meisten Abbildungen schleppen sich, stets wieder nach dem Vorgänger copirt, von Buch zu Buch, bis sie zuletzt auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit der Natur haben und so als Zeugniss dastehen, dass der Verfasser das, wovon er unternommen ein Buch zu schreiben, niemals selbst gesehen hat. Ich dagegen hatte es versucht, einmal ganz ohne alle Berücksichtigung des schon Dagewesenen, aber ausgerüstet mit al-

len den Hülfsmitteln, die die neuere Zeit uns zu Gebote gestellt, mir die ganze Wissenschaft unmittelbar aus der Betrachtung der Natur wieder neu zu erfinden, und so erhielt meine Arbeit eine Originalität der Anschauungsweise, die, abgesehen von ihrer Richtigkeit, immerhin etwas Anziehenderes hat, als das historisch-philologisch zusammengetragene Material. Diese mir selbst gestellte Aufgabe erscheint indessen viel anmassender als sie in der That ist und die Schwierigkeiten der Arbeit liegen bei Weitem weniger in der Grösse der zu bewegenden Last, als in der Unmöglichkeit, sich ganz von den angelernten Vorurtheilen über die Handgriffe und Anwendungsweise der Hebel loszumachen. Geistig und körperlich ist der Mensch viel leichter für dieses oder jenes abzurichten, als an diesem oder jenem frei und selbstständig auszubilden und zu entwickeln. Unendlich schwer ist es das Bildungsmittel ganz wieder fortzuwerfen und nur die Bildung selbst zu behalten, die erstarkte Kraft nun selbstständig und zu selbstgewählten Zwecken frei zu verwenden. Im Grossen zeigt sich das am auffälligsten in dem lächerlichen Vorurtheil für lateinisch-philologische Erudition und der mittelalterlich-klosterseligen Bücherweisheit, welche als ererbte Dyskrasie in unserer Bildung alle wahrhaft lebendige Entwickelung krankhaft verrenkt und verkrüppelt erscheinen lässt und selbst da, wo sie am allerabsurdesten auftritt, in den Naturwissenschaften, noch immer uns die frische Lebensquelle trübt. Höchstens an und mit Büchern kann man etwas wahrhaft Bildendes, das edlere Menschliche in uns Förderndes lernen, aber nie und nimmer aus Büchern. Dies Lernen aus Büchern ist die geheime unbeargwohnte Quelle, aus welcher zuerst die Unlauterkeit und Lügenhaftigkeit genährt wird, die unser ganzes neueres Leben vergiftet, die uns von Jugend auf gewöhnt nichts selbst zu sagen, zu denken, zu thun, sondern nur mit fremden, erborgten und ererbten Gedanken unsere magere, dürre Seele auszustopfen, um diese Fülle für Gesundheit auszugeben. Kaum noch, dass wir den Hass gegen die ganz rohe selbstbewusste Lüge uns bewahren, geschweige denn, dass wir das feinere, zartere

Wahrheitsgefühl, die höchste Blüthe edlerer Menschlichkeit in uns gehegt und gepflegt hätten, welches jede auch unbewusste Unlauterkeit der Beweggründe instinctmässig anwidert und welches in dem völlig rücksichtslosen Streben nach Wahrheit seine höchste Aufgabe und seinen höchsten Genuss findet. — Wie könnte ich da behaupten wollen, ganz frei zu seyn von dieser Krankheit der Zeit, wie könnte ich glauben, in einem so umfangreichen Werke nur immer Eignes, selbstständig und frei Entwickeltes gegeben zu haben. Aber angestrebt habe ich die Aufgabe, in meinem Buche das zu geben, was der Menschengeist in der formellen Entwickelung, die er bis jetzt erreicht hat (und natürlich so weit dieselbe in mir sich darstellt), unmittelbar aus der Natur sich ableiten kann. Bei Lösung dieser Aufgabe habe ich nun nach zwei Seiten gefehlt. Einmal musste ich nichts Anderes geben, als was die Aufgabe verlangte, nämlich nichts Angelerntes; dem bin ich lange nicht treu genug geblieben. Unzählige Verbesserungen dieser neuen Auflage bestehen nur darin, dass ich ein „vielleicht", ein „es scheint" in den Satz eingeschoben, wo früher die Sache positiv ausgesprochen war, weil ich theils nicht bemerkte, dass ich einen Theil des Gehaltes als angelernt mit hinzu brachte, theils das dogmatische Vorurtheil, welches wir mit unserer ganzen Ausbildung einsaugen, so schwer ganz auszurotten und durch die rein inductive Methode zu ersetzen ist. Ich will mit jenen Einschiebseln mich nicht etwa um meine Fehler herumschleichen, und wo man solche Verschiedenheiten, solche kleine, aber wesentliche Veränderungen der Wortfügung findet, erkenne ich es hiemit ausdrücklich als Fehler der ersten Auflage an. — Auf der andern Seite hätte meine Aufgabe auch eine vollständige Lösung erhalten müssen. Hier ist der Mangel noch viel bedeutender, aber auch leichter entschuldbar. Ich habe mit redlichem Fleisse nach besten Kräften geforscht, aber für den Einzelnen ist die Aufgabe zu gross, und Mitarbeiter hatte ich auf meinem Wege so gut wie keinen. — In dieser zweiten Auflage habe ich auch diesem Fehler nach besten Kräften abzuhelfen gesucht, wenn auch leider das Geschick mir nicht die

Musse gegönnt hat, die ich so gern frei und ungehindert der Wissenschaft widmen möchte. Auf jeden Fall wird man mir zugeben müssen, dass ich mich aufrichtig bemüht habe, diese zweite Auflage der mir möglichen Vollendung etwas näher zu führen, — Schmerzlich habe ich dabei die Hülfe einsichtsvoller Beurtheiler vermisst. Zwei sogenannte Recensionen in der Jenaer und Hallischen Literaturzeitung waren nur Beweise, wie tief das Recensirhandwerk in unserer Zeit gesunken ist. Gewiss kann das Niemand besser beurtheilen, als ein Schriftsteller, der mit redlichem Willen an die Bearbeitung einer zweiten Auflage geht und nun einsieht, wie schlimm es seinem Buche hätte ergehen müssen, wenn es den Recensenten nicht an Kenntniss und Geist gemangelt hätte, um etwas mehr als ihre traurige Persönlichkeit zu geben. Soweit jene Recensionen eine wissenschaftliche Seite zeigten, habe ich sie in einer eigenen kleinen Schrift beantwortet: „*Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft, Leipzig 1844.“ Eine Art von Erwiderung von Seiten *Kützing's*: „Die Sophisten und Dialektiker etc.“, hat mir kein anderes Gefühl als Mitleid mit dem Verfasser erregt. Auf Acclamation habe ich mir überall bei meiner wissenschaftlichen Thätigkeit keine Rechnung gemacht. Wer Niemand zu Lieb und zu Leid schreibt, ganz rücksichtslos der Wahrheit nachgeht, unbekümmert, wen es ergötzt, wen's kränkt, hat selten auf viele Freunde zu rechnen. Es liegt einmal in der Natur des Menschen, wenn auch in seiner gemeinen, in seiner Sinnlichkeit, dass er Diesseits oder Jenseits vom graden Wege abweicht, dass sich stets Parteien mit einseitigen Bestrebungen gegenüberstehen, dass so selten ganz und ausschliesslich die Sache, sondern mehr oder weniger bewusst eitle oder eigennützige Beweggründe, persönliche Interessen für oder wider ihn bestimmen. Wer nur das Rechte will und keiner Partei huldigt, geht gewöhnlich von seinen Zeitgenossen entweder unbeachtet oder angefeindet vorüber. Von diesen Gedanken beseelt bin ich an meine Arbeit getreten, auf nichts rechnend, und eben deshalb habe ich Vieles gefunden, was mir Freude machte. Vor Allem

hebe ich die ehrenwerthe Art hervor, in welcher *Liebig*[*]) unsern Kampf beendet. Durch dergleichen steigt ein Mann wie *Liebig* sicher höher in der Achtung der Bessern, als durch alle wissenschaftliche Leistungen. Ich kann in Zukunft wohl noch oft anderer Meinung seyn als *Liebig*, aber nie mehr ihm feindlich gegenüber treten. Von vielen Seiten ist mir wohlthuende Theilnahme geworden, die ausgezeichnetsten Männer der Wissenschaft haben mit freundlicher Nachsicht meine Bestrebungen anerkannt, oft da, wo ich es am wenigsten erwartete. Ich habe vielfach den leidenschaftlichen Zorn der Unbedeutendern und Unlauteren erregt, auch das freut mich, denn es beweist mir, dass ich vielfach die faulen Flecke richtig getroffen habe. Ich glaube ferner bemerkt zu haben, dass in neuerer Zeit allgemach ein immer besserer Geist die Botanik belebt, dass ernstere Studien sich mehr und mehr geltend machen, mehr und mehr das geistlose Speciesgetändel verdrängen. Wenn ich meinen Bestrebungen einen kleinen Einfluss auf diese veränderte Richtung zuschreibe, so ist diese Freude am eignen ernsten Streben wenigstens eine unschuldige und ungefährliche Schwäche. Es würde mich aber auch nicht betrüben, wenn mir jemand die Ueberzeugung an die Hand gäbe, dass ich mich darin geirrt, dass ich, vielleicht einer der Ersten, dem veränderten Zeitgeiste gefolgt bin, aber nicht selbst die Andern geführt habe. Ich bin zufrieden, wenn das Bessere nur überall sich geltend macht. Daher freue ich mich auch, dass meine Arbeiten so vielfach und selbst von Leuten, die mich offen bitter angriffen, auf eine Weise benutzt werden, die ich vom literarischen Diebstahl nicht unterscheiden kann. Wenn's nur sich geltend macht, bin ich zufrieden, ob mir, ob andern die Ehre davon wird, ist mir gleichgültig. Auch diese zweite Auflage übergebe ich dem Publicum, mit dem Wunsche, dass sie nützen möge, ohne auf Dank zu rechnen.

Wer sich die Mühe nehmen will, beide Auflagen zu vergleichen,

*) Bemerkungen über das Verhältniss der Thierchemie zur Thierphysiologie. Heidelberg 1844. S. 3 f.

wird finden, dass ich mit Ernst fortgearbeitet und mit Strenge gegen mich selbst gebessert habe. Noch Vieles wird geblieben seyn, was meiner augenblicklichen Einsicht nicht zugänglich war, was die Folgezeit bessern mag. Zum leichtern Verständniss habe ich diese Auflage mit Abbildungen erläutert, grösstentheils durch in den Text eingedruckte Holzschnitte. Die Zeichnungen dazu sind von mir alle nach der Natur entworfen, einige wenige schematische Darstellungen sind stets von mir als solche bezeichnet. Ich bin den Grundsätzen möglichst treu geblieben, die ich für botanische Zeichnungen in der methodologischen Einleitung aufgestellt. Jeder der Holzschnitte ist mit einer fortlaufenden Nummer versehen, und findet unter gleicher Nummer unter dem Text seine Erklärung. Im Text selbst weist eine einfache eingeklammerte Nummer auf den Holzschnitt hin. — Der zweite Band soll möglichst bald nachfolgen und zugleich ein ausführliches Register über beide Bände enthalten.

Einige bedeutendere Druckfehler sind angegeben, unbedeutendere Setzfehler wird der Leser leicht erkennen. Beide bitte ich mit meiner Entfernung vom Druckort zu entschuldigen.

Jena, Oct. 1844.

M. J. Schleiden. Dr.

Inhalt.

Methodologische Grundlage.

		Seite
Einleitung über den Gegensatz des Dogmatismus und der Induction		1
§. 1.	Philosophische Grundlage	30
§. 2.	Erörterungen über Gegenstand und Aufgabe der Botanik	51
§. 3.	Methodik oder über die Mittel zur Lösung der Aufgaben in der Botanik	77
§. 4.	Von der Induction insbesondere	131

Die Botanik als inductive Wissenschaft.

Allgemeiner Theil.

Erstes Buch.

Botanische Stofflehre.

Erstes Capitel.

Von den unorganischen Bestandtheilen.

§. 5.	Chemische Elemente	161
§. 6.	Binäre Verbindungen	163
§. 7.	Salze	164
	Krystalle in den Pflanzen	165
	Ammoniaksalze	157

Zweites Capitel.

Von den organischen Bestandtheilen.

Erster Abschnitt.

Von den assimilirten Stoffen im engern Sinne.

§. 8.	Begriffserklärung	168
§. 9.	Zellstoff	—

Seite
Amyloid . 170
Pflanzengallerte . —
Stärkemehl . 171
Gummi . 183
Zucker . 184
Inulin . 185
Fette Oele und Wachs —
§. 10. Schleim . 186
§. 11. Das Verhältniss der assimilirten Stoffe zu einander 188

Zweiter Abschnitt.

Von den übrigen unter dem Einfluss der Vegetation entstehenden Stoffen.

§. 12. Chlorophyll 189
Pflanzenfarben . 191
Weinsäure, Citronensäure, Apfelsäure 192
Alkaloide . 193
Gerbstoff . —
Viscin und Kaoutschouk 193
Humus . 194
§. 13. Uebrige Secretionsstoffe 195

Zweites Buch.

Lehre von der Pflanzenzelle.

Erstes Capitel.

Formenlehre der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich.

§. 14. Entstehung der Pflanzenzelle 197
Cytoblastem . 198
Cytoblast . —
Vollständige Beobachtungen über die Zellenbildung 200
Unvollständige Beobachtungen 202
Folgerungen aus den beobachteten Thatsachen 203
Analogien (thierische Zelle, Gährung, Krystallbildung) —
Geschichtliches und Kritisches 207
§. 15. Ausbildung der Pflanzenzelle zu verschiedenen Formen 211
Milchsaftgefässe 213
§. 16. Unregelmässige Verdickung der Zellenwände —
§. 17. Wimperbildung 214
§. 18. Spiralige Verdickungsschichten 215
Natur und Ursprung der Spirale —
Uebersicht der verschiedenen Formen (*Cellulae annuliferae, spiriferae, retiferae, porosae*) 218
Individuelle Ausbilduug der Spiralfaser und abnorme Formen . . 223
Historisches und Kritisches 224
§. 19. Verschiedene Formen der Verdickungsschichten in derselben Zelle . 227
§. 20. Wiederholung der Schichtenbildung in derselben Zelle in gleicher und verschiedener Form 228
§. 21. Bildung von wirklichen Löchern in der Zellenwand 230

Zweiter Abschnitt.

Von den Zellen im Zusammenhang und den dadurch gebildeten Räumen.

		Seite		
§. 22.	Gewebe	231		
§. 23.	A. Parenchym	232		
§. 24.	B. Intercellularsystem	234		
§. 25.	C. Gefässe	237		
§. 26.	D. Gefässbündel	239		
	Cambium	241		
	Gefässbündel	—		
	1. Gefässbündel der Kryptogamen	242		
	2. Gefässbündel der Phanerogamen	243		
	α. Gefässbündel der Monokotyledonen	—		
	β. Gefässbündel der Dikotyledonen, Holz	245		
§. 27.	E. Bastgewebe	251	u.	52
	F. Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen	251	u.	53
	G. Milchsaftgefässe	251	u.	54
	Geschichtliches und Kritisches	255		
§. 28.	H. Filzgewebe a. bei Pilzen	256		
	b. bei Flechten	—		
§. 29.	I. Epidermoidalgewebe	257	u.	58
	a. Oberhaut	—		—
	1. Epithelium	—		—
	2. Epiblema	—		—
	3. Epidermis, Spaltöffnungen	257	u.	61
	Historisches und Kritisches	266		
	b. Appendiculäre Organe	257	u.	67
	1. Papillen	—		—
	2. Haare	—		—
	3. Borsten	—		—
	4. Brennhaare	—	u.	68
	5. Stacheln	—		—
	6. Warzen	—		—
	7. Retractile Haare	269		
	c. Korksubstanz	258	u.	70
	d. Wurzelhülle	—	u.	71

Zweites Capitel.

Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich.

§. 30.	Begriffsbestimmung	272		
	I. *Aufnahme fremder Stoffe.*			
§. 31.	Endosmose	—		
§. 32.	Aufgenommene Stoffe (Wasser, Kohlensäure, Ammoniak)	275		
	II. *Assimilation und Secretion.*			
§. 33.	Process der Assimilation	278		
§. 34.	Process der Secretion	283		
	III. *Ausscheidung aus der Pflanzenzelle.*			
§. 35.	Exosmose	285		
§. 36.	Ausscheidung der Gase	287		
	IV. *Gestaltung der assimilirten Stoffe.*			
§. 37.	Wachsthum durch Intussusception	288		
§. 38.	Wachsthum durch Schichtenbildung	—		—

Seite

§. 39. Form des Zelleninhalts 289
Faserröhren 290
Bewegliche Spiralfäden 291

V. *Bewegung des Inhalts der Pflanzenzelle.*

§. 40. In Einem auf- und absteigenden Strome 291
Geschichtliches und Kritisches 294
§. 41. In netzförmig verästelten Strömchen 295
Geschichtliches und Kritisches 297
§. 42. Bewegung der Spiralfäden 298
§. 43. Molecularbewegung 299

VI. *Bewegung der Pflanzenzelle.*

§. 44. Bei den Sporenzellen 300

VII. *Fortpflanzung der Zelle.*

§. 45. Bildung von Zellen in Mutterzellen 304
§. 46. Vermehrung der Zelle durch Theilung 306

VIII. *Das Ende des Zellenlebens.*

§. 47. Durch Aufhören des chemischen Processes in der Zelle . . . 307
§. 48. Durch Auflösung und Resorption der Zelle 308
§. 49. Durch Aufhören der Endosmose und Zerstörung durch unorganische Einflüsse —

Zweiter Abschnitt.

Leben der Zelle im Zusammenhang mit andern.

§. 50. Allgemeine Ansichten 309

I. *Allgemeine Modificationen des Zellenlebens durch Zusammentreten mehrerer Zellen.*

§. 51. Ernährung der benachbarten Zellen 310
§. 52. Verdunstung und Gasaustausch in Berührung mit der Luft . . 311
§. 53. Bildung spiraliger Verdickungsschichten und der Luftbläschen zwischen zwei Zellen 312
§. 54. Excretionen in bestimmter Form —
Gallerte bei den Algen 313
Eigenthümliche Haut der Sporen- und Pollenzellen . . . —
§. 55. Zusammenhang der Circulation in zwei benachbarten Zellen . —
§. 56. Relatives Leben der Zelle durch den Zusammenhang mit lebendigen Zellen 314

II. *Eigenthümlichkeiten im Leben ganzer Gewebe.*

§. 57. Gleichheit des Lebens in allen Zellen eines Gewebes . . . —
§. 58. Parenchym. Inhalt desselben 315
§. 59. Intercellularsystem 316
Intercellularsubstanz —
§. 60. Gefässbündel 318
§. 61. Bastzellen, Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen, Milchsaftgefässe 319
§. 62. Filzgewebe der Pilze und Flechten 323
§. 63. Epidermoidalzellen, deren Inhalt und Secrete 323
§. 64. Zellen der Wurzelhülle 329

Verbesserungen.

S. 49, Z. 18 v. o. l. nach „menge“ noch „optisch“.

S. 270 fehlt unterm Text die Erklärung des Holzschnittes Nr. 88; sie ist auf S. 267 nachzulesen.

S. 290, Z. 2 der Anm. l.: „Rändern“ st. „Bändern.“

S. 295 steht aus Versehen Holzschnitt Nr. 88 statt Holzschnitt Nr. 87, welcher hierher gehört.

Methodologische Grundlage.

Einleitung.

Duae viae sunt atque esse possunt ad inquirendam et inveniendam veritatem. Altera a sensu et particularibus advolat ad axiomata maxime generalia, atque ex iis principiis eorumque immota veritate judicat et invenit axiomata media; atque haec via in usu est. Altera a sensu et particularibus excitat axiomata, ascendendo continenter et gradatim, ut ultimo loco perveniatur ad maxime generalia; quae via vera est, sed intentata.

Baco von Verulam, Novum organon.

In der Geschichte der Menschen können wir füglich drei Bildungsstufen unterscheiden. Zuerst wirkt das dringende Bedürfniss, der Mensch schaut sich um und sucht nach den Mitteln diese Bedürfnisse zu befriedigen. Wenn er aber satt ist, tritt eine gewisse geistige Leere ein, er sehnt sich nach Beschäftigung, und Neugier bewegt ihn, sich mit den ihn umgebenden Gegenständen bekannt zu machen, sie zu unterscheiden, sie zu ordnen, und so sammelt er das Material für die dritte Stufe seiner Ausbildung, wo er als denkender Geist eingreift in die Masse der Erscheinungen, sich ihres inneren gesetzlichen Zusammenhanges bewusst zu werden sucht und so sich zur Wissenschaft erhebt.

Diesem gemäss können wir auch die Geschichte der Botanik in drei grosse Perioden abtheilen, die sich freilich nicht streng nach Jahreszahlen abmessen lassen, da sich die zweite und dritte natürlich schon in

einzelnen immer bestimmter und bewusster hervortretenden Erscheinungen in der ersten und zweiten vorbereiten. Die erste Periode umfasst die ganze Zeit von den Anfängen menschlicher Bildung überhaupt bis ins späteste Mittelalter. Von *Theophrast* und *Dioskorides*, dessen *Materia medica* die Grundlage aller spätern botanischen Werke wird, bis auf die Kräuterbücher und Herbarien des Mittelalters finden wir kaum etwas Anderes als die Aufzählung der Pflanzen, deren wirklicher oder eingebildeter Nutzen sie der genaueren Kenntniss der Menschen empfahl. Bis auf die beiden *Bauhine* (bis 1550) finden wir selbst meistens nur die Phrasen des *Dioskorides* abgeschrieben oder für Pflanzen, die diesem noch unbekannt waren, ähnliche kurze Angaben für ihre Anwendung in der Medicin nachgebildet.

Von da an greift der menschliche Forschungsgeist allmälig weiter und in dem Zeitraum von *Rajus* und *Tournefort* bis auf die Linné'sche Schule, die Akme dieser Periode, bildet sich das Streben aus, eine möglichst vollständige Uebersicht der Pflanzenformen und eine genaue scharfe Charakterisirung der Einzelnen zu gewinnen. Als Durchgangsperiode wichtig und nothwendig trägt diese Zeit doch eigentlich nur den Charakter einer mühsam vereinzelte Notizen sammelnden Neugier. Als durchaus bezeichnend für die von unserm jetzigen Standpunkte betrachtet freilich geistlose Art der Behandlung der Botanik, von der sich selbst der grosse *Linné* nur in einzelnen glücklichen Momenten genialer Erhebung und gleichsam in Ahnung einer bessern Zukunft losmachen konnte, kann man die Worte *Boerhaave's* (*Histor. natural.*) anführen, wo er die Wissenschaft folgendermassen definirt:

»*Botanica est scientiae naturalis pars, cujus ope felicissime et minimo negotio plantae cognoscuntur et in memoria retinentur.*«

Erst in der neuesten Zeit entstand die eigentliche wissenschaftliche Botanik. Zwar hatten sich schon früher allmälig Anatomie, Physiologie, Geographie der Pflanzen u. s. w. als einzelne untergeordnete Theile der Botanik geltend zu machen gesucht, aber noch lange sahen die sogenannten Botaniker, d. h. die lebendigen Namenregister, mit einer Art mitleidigen Achselzuckens auf die, wie sie meinten, blosser Neugier und unbrauchbarer Grübelei dienenden Bestrebungen herab. Das sogenannte natürliche System, die durchdringende und allseitige Erkenntniss der Pflanzen vorbereitend, brach sich nur allmälig und unter heissen Käm-

pfen Bahn und ist kaum in der neuesten Zeit zu etwas allgemeinerer Anerkennung gelangt, obwohl es noch vielfach selbst von seinen Anhängern gänzlich missverstanden wird. Aber wir dürfen doch jetzt sagen, die Zeiten sind vorbei, wo ein Mann, der 6000 Pflanzen mit Namen zu nennen wusste, schon deshalb ein Botaniker, einer der 10,000 Pflanzen zu nennen wusste, ein grosser Botaniker genannt wurde, und die ehemals sogenannte systematische Botanik ist an ihren rechten Platz, die blosse Handlangerschaft der ächten und eigentlichen Wissenschaft, zurückgedrängt worden. Die Frage, mit welchem Manne wir diese Periode ächt wissenschaftlicher Pflanzenforschung beginnen sollen, kann von Verschiedenen verschieden beantwortet werden, weil wir diesem Anfange noch zu nahe sind und zum Theil in ihm selbst befangen leben. Ich halte mich fest davon überzeugt, dass die Nachwelt *Robert Brown* als Denjenigen bezeichnen wird, dessen eminentes botanisches Genie die neuere Zeit heraufbeschwor. In diesem originellen Geiste durchdrangen sich alle verschiedenen Zweige des botanischen Wissens zu einem harmonischen Ganzen, ihm kamen die nothwendigen Beziehungen der einzelnen Theile, ihr relativer Werth und ihre gegenseitige Verknüpfung zuerst zum klaren Bewusstseyn, durch ihn erhob sich die Kenntniss der Pflanzenorganismen zu einer lebendigen organisch gegliederten Wissenschaft, deren Ziel vollständige Einsicht in die gesetzmässige Entwickelung des Pflanzenlebens in allen Phasen seiner Existenz ist*).

Nach diesen Bemerkungen ist es kaum nöthig, erst ausdrücklich darauf aufmerksam zu machen, dass in einer Disciplin, deren wissenschaftliche Behandlung noch so jungen Ursprungs ist, die kaum beginnt, sich unter der Leitung richtiger Methode zu entwickeln, — dass hier sich noch grosse Lücken finden müssen, dass ein grosser Theil ihres Gehaltes noch in schwankenden Aussprüchen, in den noch durch keine wissenschaftliche Vergliederung gesicherten Conceptionen einzelner genialer Köpfe bestehen müsse.

Vergleichen wir aber die verschiedenen Handbücher, die in den letzten zwanzig Jahren über die Botanik erschienen sind, so verschieden

*) Und doch schrieb dieser grosse Mann kein System, kein grosses Buch wie so viele Andere, die längst vergessen seyn werden, wenn *Rob. Brown's* Name noch in unauslöschlichem Ruhme glänzt.

in Form und Inhalt, so verschiedene Gesichtspunkte verfolgend bei dem, was sie für das Aechte, Wesentliche ausgeben, und selbst wo man es am wenigsten erwarten sollte in der Hinstellung der Thatsachen selbst sich so oft unmittelbar widersprechend, bemerken wir endlich, was das Allerauffallendste zu seyn scheint, dass Irrthümer, die schon vor dreissig Jahren widerlegt wurden, noch in den neuesten Werken erscheinen, Beobachtungen, die schon Jahrhunderte alt sind, noch zur Stunde ihren Einfluss auf die Wissenschaft nicht geltend gemacht haben — alles Thatsachen, wozu jedem Kundigen leicht die Beispiele einfallen werden, oder die man aus dem speciellen Theile dieses Buchs entlehnen mag, — so wird man darauf hingeführt, dass in der Botanik noch ein anderer Grundfehler versteckt seyn müsse, der die Schuld trägt, dass sie nicht zu irgend einem, wenn auch noch so geringen, aber gesicherten wissenschaftlichen Besitze gelangen könne, dass sie noch kein Fundament gelegt, welches, als unerschütterliche Grundlage, ihren allmäligen Ausbau erlaubte, dass vielmehr jede umfassendere neue Behandlung der Wissenschaft nicht etwa zum alten gesicherten Schatze neue Edelsteine hinzufügt und so als fortbildend und fördernd erscheint, sondern bis auf die allerersten Grundlagen alles Alte über den Haufen wirft und Alles neu wieder aufführt, so dass wir in der That so viele Systeme als Mitarbeiter an der Wissenschaft haben.

Um sich diese Erscheinung verständlich zu machen und zugleich den Punkt zu finden, wo möglicher Weise allein Abhülfe gesucht werden kann, müssen wir die Geschichte der Menschheit noch in anderer Weise verfolgen, als oben für die Botanik geschehen. In aller Bearbeitung der Wissenschaften treten sich stets zwei Methoden als unmittelbare Gegensätze gegenüber. Einerseits ist es die dogmatische Behandlung, die schon Alles weiss, der mit ihrem augenblicklichen Standpunkt die Geschichte ein Ende erreicht hat, die ihre Weisheit wohl vertheilt und wohl geordnet vorträgt und von ihren Schülern keinen andern Bestimmungsgrund zur Annahme des Gehörten fordert, als das *αὐτὸς ἔφα*. Dieser in ihrem ganzen Wesen falschen Weise tritt nun die andere entgegen, die wir für die reine Philosophie die kritische, für die angewandte Philosophie und für die Naturwissenschaften die inductorische Methode nennen, die sich bescheidet noch wenig zu wissen, die ihren Standpunkt von vorn herein nur als eine Stufe in der Geschichte der Menschheit ansieht, über welche hinaus es noch viele folgende und

höhere giebt, die aber freilich auch nur als ihr folgende angesehen werden können, und die ihre Schüler auffordert, sie zu begleiten und unter ihrer Anleitung im eignen Geiste und in der Natur zu suchen und zu finden, die daher für alle ihre Sätze an den Schüler die Gewissheit des selbst Erfahrenen bringt und selbst da noch nützt, wo sie irrt, weil sie den Schüler zur Selbstthätigkeit, zum eigenen geistigen Leben erzieht, während die dogmatische Methode auch da, wo sie zufällig die Wahrheit hat, noch schadet dadurch, dass sie den Schüler um sein eigenes geistiges Leben, also um das einzige des Strebens Würdige betrügt. Freilich ist die erste Methode in ihrer strengsten Consequenz eine an sich unmögliche und jeder Einzelne, der ihr anhängt, muss immer mehr oder weniger eine Zeitlang der letzten Methode gefolgt seyn, um nur zur dogmatischen Behandlungsweise kommen zu können, und seine wissenschaftliche Thätigkeit wird daher sehr verschiedene Nuancen darbieten, je nachdem er mehr oder weniger die allein richtige zweite Methode in Anwendung gebracht und in seiner Darstellung durchscheinen lässt*). Verfolgen wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die Geschichte der Menschheit, so sehen wir, wie aller Fortschritt in den einzelnen Disciplinen immer nur an die Herrschaft der inductiven und kritischen Methoden geknüpft ist und wie sich die einzelnen Wissenschaften erst ganz allmälig eine nach der andern das Bewusstseyn der allein richtigen Methode erobern. Für die Philosophie hat nun zuerst *Kant* den Faden mit Bewusstseyn aufgenommen und *Fries*, mit eminentem Talente für Selbstbeobachtung und Abstraction begabt, die Methode des Kriticismus in völliger Reinheit und Klarheit festgestellt, aber leider sind die Meisten sehr bald wieder von diesem rechten Wege abgewichen und es ist nicht vorherzusagen, wann und wie hier das Richtige allgemeine Anerkennung finden wird. Sehr treffend sagt hierüber *Fries* (a. a. O.): „Die Leichtigkeit der Mittheilung und die voreilige Sucht nach einem vollständigen System haben das Dogmatisiren zur gewöhnlichsten wissenschaftlichen Methode gemacht. Wollte man aber anstatt dessen die kritische Methode allgemein machen, so würde man nicht nur mehr Geist in alle Speculation bringen (woran freilich nicht Jedem gelegen wäre), sondern überhaupt dahin gelangen können, alle theo-

*) Man vergleiche hier die klare Entwickelung dieser beiden Methoden in *Fries: Reinhold, Fichte* und *Schelling*, Leipzig 1803. S. 132 — 165 und 245 ff.

retischen Wissenschaften nach einem bestimmten Plane zu bearbeiten und in aller Speculation auf einen geraden Fortschritt zu kommen, bei dem man nicht immer genöthigt würde von Zeit zu Zeit das früher Gesagte zurückzunehmen. Es würde dann keiner wissenschaftlichen Revolution mehr bedürfen, sondern alle Verbesserungen müssten sich in friedliche Reformen verwandeln, bei denen das früher Gefundene doch immer als Wahrheit stehen bliebe, wobei man aber freilich an der schnellen Production vollendet scheinender Systeme verlieren würde."

In den Naturwissenschaften zeigt sich mir die Sache folgendermassen. Die wenigen grösstentheils astronomischen Kenntnisse, deren allmälige Sammlung wahrscheinlich Jahrtausende in Anspruch genommen hatte, gingen als Tradition auf die Griechen über, mit denen in der Geschichte zuerst eine selbstständige und selbstbewusste Geistescultur beginnt. Da die Geister aber im Wesentlichen andern Interessen zugewendet waren, blieben die traditionell empfangenen Naturkenntnisse in physikalischen Mythen und höchstens in theogonischen und kosmogonischen Träumereien befangen. Die allgemeine Verbreitung des Christenthums emancipirte zuerst die Naturwissenschaften, indem es die physikalische Mythologie der Griechen völlig durch die ethischen Mythen der Juden verdrängte. So gab es merkwürdiger Weise gleich in seinem Entstehen und eben durch seinen Sieg grade seinem schlimmsten Feinde die Fähigkeit, sich zu der Macht zu entwickeln, der es dereinst in seinem historisch dogmatischen Theile, also so weit es Menschenwerk ist, rettungslos unterliegen wird. Indessen war durch Befreiung von Mythologie den Naturwissenschaften nur die Möglichkeit gesunder Entwicklung gegeben und selbst die völlige Ausmerzung der theogonischen und kosmogonischen Träumereien erforderte noch einen langen Kampf, der erst durch *Galilei*, *Keppler* und *Baco v. Verulam* im Ganzen für die inductiven Methoden entschieden wurde. Mit sehr verschiedenem Glück haben sich hier nun die einzelnen Disciplinen der richtigen Methode bemächtigt und mit Ausnahme der Astronomie, der Physik und Chemie ist wohl noch keine in der Erkenntniss des richtigen Weges so weit fortgeschritten, dass kein Rückfall in die dogmatisirende Spielerei zu fürchten wäre. Haben wir doch noch in unserm Jahrhundert erlebt, dass Zoologen in einer so rein historischen, einzelne Thatsachen sammelnden Wissenschaft die Thorheit begingen, dogmatisirend die Zahl der Arten, Geschlechter u. s. w. zu bestimmen und die

aus dem Widerspruch mit der Wirklichkeit entstehenden Lücken des Systems als noch zu machende Entdeckungen zu bezeichnen. Wenn nämlich alle Disciplinen, die die sogenannte unorganische Welt zu ihrem Gegenstande haben, mehr oder weniger bewusst und mehr oder weniger rein der allein richtigen Methode der Induction folgen, so sind es dagegen grade die Wissenschaften von der organischen Natur, welche am längsten im geistlosen Dogmatismus verharrten und erst jetzt allmälig anfangen, sich zu befreien. Hier ist der Kampf auf dem Gebiete des thierischen Organismus am lebhaftesten entbrannt und offenbar für die inductive Methode, der fast alle ausgezeichneten Physiologen jetzt folgen, so gut wie entschieden, da neben dem so frisch und freudig anwachsenden Reichthum der Erfahrung, neben den Schritt für Schritt gewonnen werdenden Resultaten und Lösungen schwieriger Aufgaben sich die gänzliche Unfruchtbarkeit und geist- (nicht phantasie-) lose Leerheit der dogmatisirenden Physiologie von Tag zu Tag kläglicher ausnimmt. So gut ists nun der Botanik noch nicht geworden. In ihr hat der Kampf kaum erst begonnen und sie hat noch durch so manche andere Verhältnisse eine so durchaus schiefe Richtung erhalten, dass ihre Sache nicht so bald zu Ende geführt seyn wird, wenn nicht Diejenigen, die den richtigen Gesichtspunkt einmal erfasst haben, fest zusammenhalten und mit allem Ernst den lästig sich aufdrängenden dogmatisirenden Träumereien sich widersetzen. Zwei Verhältnisse muss ich hier nämlich noch berühren, welche einmal das späte Erwachen der Wissenschaft vom Organismus, zweitens die ungünstigere Stellung der Botanik insbesondere betreffen.

Das erste ist nämlich das Verhältniss dieser Disciplin zur Philosophie. Durch die ganze Geschichte der Menschheit sind es Philosophie und Naturwissenschaft, die den Faden fortspinnen, aber stets mit wechselnder Herrschaft und immer gegenseitig einander Bahn brechend und die grossen Fortschritte vorbereitend. So war es die Philosophie, welche die Menschheit allmälig bei den Griechen zum Bewusstseyn ihrer Macht brachte, indem sie den Menschen geistig übte, bis er sich im Mittelalter die Naturwissenschaften erfinden konnte. Die grossen Entwicklungen, die sich nach der Entdeckung von Amerika bis auf *Newton* ergeben, gehören ganz den Naturwissenschaften an. Dann aber lernte die Philosophie die im Gebiet der Natur erfundenen inductiven Methoden auch auf das Gebiet des Geistes anzuwenden, und so entstanden die

fruchtbaren psychologischen Forschungen besonders der englischen Schule, welche in Verbindung mit *Newton's* naturphilosophischen Vorarbeiten *Kant* die Grundlage für seine unsterblichen Entdeckungen gaben, die dann von *Fries* weiter ausgebildet wurden. Nun aber hat umgekehrt die Naturwissenschaft erst wieder von der Philosophie zu empfangen und ihr nächster sicherer Fortschritt hängt von der allgemeinen Anerkennung der gesunden Kantisch-Friesischen Philosophie ab. Jedem Fortschritt muss nämlich stets die richtige Erkenntniss der zu lösenden Aufgabe und die richtige Fassung derselben vorhergehen. Ungleich leichter waren diese in den Disciplinen der unorganischen Natur bei den viel einfachern Verhältnissen zu finden, unendlich schwierig dagegen bei den so complicirten Verhältnissen der Organismen. Hier versteckt sich die empirische Unfähigkeit immer hinter die Vieldeutigkeit unbestimmter und mangelhafter Abstractionen, über welche die gesunde Empirie selbst keine Macht hat, deren Aufklärung sie vielmehr allein von der Philosophie erwarten muss. Hier sind die Worte: Organismus, Leben, Trieb, Seele u. s. w. eben die Deckmäntelchen der Unwissenheit oder Unklarheit und hier kann nur die gesunde philosophische Ausbildung sagen: „Dies ist der richtige Gang der Abstraction, damit werden wir auf diese bestimmten Unterschiede geführt, mit denen wir dann als Zeichen gerade dieses bestimmte Wort verbinden." Einem solchen Verfahren entziehen sich aber alle die auf dogmatischen Irrwegen sich verlierenden Philosophen, unter den neuern insbesondere die Schelling'sche und Hegel'sche Schule, und so sind die Anhänger derselben auch der alleinige Widerhalt der verwerflichen Behandlungsweise der Wissenschaft von den Organismen. Der Kampf gegen sie kann aber nur auf dem Gebiete der Philosophie entschieden werden; innerhalb der Naturwissenschaften selbst kann man sie nur entweder mit der factischen Verworrenheit ihrer Begriffe, oder mit ihrer Unwissenheit in den empirischen Thatsachen *argumento ad hominem ad absurdum* führen; eine andere Widerlegung ist auf unserm Gebiete gar nicht möglich. An eine Aussöhnung und Ausgleichung zweier etwa gleich berechtigter und gleich fehlerhafter Gegensätze ist hier durchaus nicht zu denken; der ganze Kampf ist vielmehr erst mit der völligen Vernichtung und Ueberwindung Derer beendigt, die dem Dogmatisiren in Philosophie und Naturwissenschaft, in Staat und Kirche das Wort reden, und mit der unbedingten Anerkennung der kritischen und inductorischen Methode als der allein

richtigen, der allein Fortschritt sichernden und zugleich jede gewaltsame Umwälzung unmöglich machenden*).

Der zweite hier noch zu berührende Punkt betrifft nun aber die Botanik allein. In ihrer bisherigen unglücklichen Stellung liegt ein Hauptgrund, weshalb wenig oder nichts gethan ist, sie dem langen Schlaf, in den sie versunken gewesen ist, zu entreissen, sie einer kräftigen und gesunden Entwicklung entgegenzuführen und auch sie des geistigen Reichthums und Lebens theilhaftig zu machen, dessen sich alle übrigen Disciplinen in unserm Jahrhundert erfreuen. Es ist unzweifelhaft die höchste Stufe geistiger Ausbildung, wenn das reine Wohlgefallen am Wahren das genügende Interesse wird, um Kraft und Zeit einer bestimmten Aufgabe zu widmen. Dergleichen hochgebildete Menschen gab es und giebt es aber nur äusserst wenige, und so wird stets ein anderweitiges fremdher angeregtes Interesse hinzukommen müssen, wenn ein Mensch bedeutende Kräfte irgend einer Thätigkeit zuwenden soll. Im Ganzen der Menschenbildung gilt nun ganz dasselbe Gesetz und die geistigen und materiellen Kräfte werden sich der Fortbildung bestimmter einzelner Disciplinen um so gewisser und reichlicher widmen, in je engerer und unentbehrlicherer Beziehung dieselbe zu dem Getriebe des menschlichen Lebens, seinen Bedürfnissen und Vermittlungen steht. So wie nun Raum und Zeit gleichsam den Rahmen bilden, in dem sich das ganze Menschenleben ausspannt, gleichsam die Zeichnung geben, die von allen übrigen Verhältnissen nur den Schmuck der Farben erhält, und so also ausnahmslos jedem menschlichen Verhältniss als das Erste und Unerlässliche zu Grunde liegen, so sind es daher auch die Mathematik und die Astronomie, die aus Raum und Zeit ihre Gesetzmässigkeit entwickeln, denen von jeher die grössten geistigen und materiellen Kräfte zugewendet wurden; der Kalender allein sichert den Mathematikern und Astronomen die beständige Theilnahme der Menschen.

Alle übrigen Disciplinen haben nun aber ein sehr verschiedenes Verhältniss zum Leben. Wir müssen hier zweierlei vorläufig unterscheiden, was weiter unten genauer zu besprechen ist. Indem wir irgend eine Gruppe von Gegenständen zum Vorwurf unserer geistigen Thätigkeit machen, können wir zwei verschiedene Aufgaben unterscheiden,

*) Vergl. meine Abhandlung: *Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft. Leipzig 1844.

die beide sehr verschiedenen Werth haben. Die eine ist gleichsam eine Fortsetzung der schon beim Kinde beginnenden Uebung in der Unterscheidung und Benennung der einzelnen Gegenstände. Hieraus bildet sich, sobald sie wegen der Menge ihrer Objecte und der daraus hervorgehenden Schwierigkeit, unterscheidende Merkmale aufzufinden, wissenschaftliche Hülfsmittel in Anspruch nimmt, die Systematik. Diese ist aber eigentlich immer nur Dienerin der wirklichen Wissenschaft. Die zweite Aufgabe ist aber die vollständige Beantwortung der ebenfalls in jedem geistig lebhaften Kinde schon sich hervordrängenden Frage, warum? Wir sollen die Kräfte erkennen, die den Gegenständen eigen sind, die Naturgesetze, die aus diesen Kräften sich ableiten lassen; das Verhalten der einzelnen Gegenstände unter diesen Naturgesetzen uns zur Einsicht bringen und so uns eine Herrschaft über den Körper erwerben, um so mehr und mehr dem G e i s t e die N a t u r zu unterwerfen. Nun stehen aber die verschiedenen Körper in der Natur in einem sehr verschiedenen Verhältniss zu den Vermittlungen unseres Lebens, je nachdem wir diese oder jene Kräfte derselben in Anspruch nehmen. Je allgemeiner die Eigenschaften der Körper sind, um so weniger interessirt uns ihre specifische Verschiedenheit, und um so mehr ist es nur die Kenntniss der Naturgesetze, denen sie gehorchen, welche unmittelbar dem Leben dient. Welche tausendfache Anwendung machen wir im Leben von den Gesetzen der Schwere, wo wir es ja immer nur mit der Masse zu thun haben, ohne Rücksicht darauf, wie dieselbe sonst specifisch als Naturkörper bestimmt sey. Ob ich mit Messing, Eisen oder Stein abwäge, ist im Wesentlichen einerlei. Von hier aus stuft sich aber die Sache immer mehr ab und z. B. bei der unmittelbaren Anwendung der Pflanzensubstanzen im Leben kommt es zunächst grade nur auf die specifische Identität an, während die Gesetze, unter denen dieser specifische Naturkörper sich bildete und bis dahin, wo er dem Leben dienen soll, gestanden hat, vorläufig völlig irrelevant sind. Viele tausend Menschen sind durch die richtige Anwendung der Chinarinde geheilt, ehe man nur ahnte, von welchen Bäumen die Rinde gesammelt wurde, wie dieselben vegetiren und wie sie gesetzmässig den heilkräftigen Stoff bilden, und werden noch geheilt werden, ohne dass der sie dispensirende Apotheker mehr zu wissen unmittelbar nöthig hat, als wie er eine gute Rinde von einer schlechten unterscheide, worüber ihm die Botanik keinen Aufschluss gewährt. So ist es denn gekommen, dass man in den verschiede-

nen Disciplinen auf sehr verschiedene Weise, so wie es zunächst das Leben forderte, vorzugsweise die Naturgesetze, also die eigentliche Wissenschaft, oder die Systematik, also nur die Dienerin der eigentlichen Wissenschaft bearbeitete. Bei den unorganischen Körpern ist in Folge dessen Mechanik, Physik und Chemie sehr weit ausgebildet, ehe man anfing, an eine systematische Anordnung der Körper zu denken, und noch jetzt ist wohl das System der unorganischen Körper am wenigsten vollkommen. Dagegen ist die Kenntniss der Organismen (den Menschen selbst aus eben dem Grunde ausgenommen) zunächst fast nur specifisch geblieben. Erst das letzte Jahrhundert hat uns eine Physiologie des thierischen Organismus vorbereitet und in der Botanik fängt man kaum an, die eigentliche Wissenschaft zu ahnen. Ordnen wir nun die Wissenschaften danach, wie sie bisher bearbeitet wurden, so dass wir diejenigen zuerst nennen, bei denen die Wissenschaft selbst überwiegt, die Systematik zurücksteht, und die andern folgen lassen, wie allmälig erstere zurücktritt, bis zuletzt die Systematik allein herrschend wird, so erhalten wir folgende Reihe: Astronomie, Mechanik, Physik, Chemie, Mineralogie, Zoologie und Botanik. *Whewell* *) macht hier folgende ebenso richtige als für uns betrübende Bemerkung: „Ein Grund, weshalb in der Geschichte der Botanik so wie in jener der Astronomie der Fortgang unserer Erkenntniss eine seit den frühesten Zeiten ununterbrochene Kette bildet, liegt eben in dem grossen Unterschiede der Erkenntnissart, die wir in diesen beiden Wissenschaften erreicht haben. In der Astronomie begann die Entdeckung allgemeiner Wahrheiten schon in einer sehr frühen Periode der Civilisation, in der Botanik aber haben solche Entdeckungen kaum jetzt noch angefangen und eben deswegen ist auch in jeder dieser beiden Doctrinen die Lehre und der Vortrag in unsern Tagen noch immer so ähnlich mit jener der alten Zeit. Die Uebereinstimmung der äussern Form dieser Wissenschaften entspringt eben aus der Verschiedenheit ihres Inhalts."

So nehmen nun Mechanik, Physik und Chemie und demnächst Mineralogie in ihren reinsten wissenschaftlichen Bestrebungen, eben weil sie grade durch diese sich unmittelbar als Dienerinnen der Gewerbe bethätigen, ihren bedeutenden Theil aus dem allgemeinen geistigen und

*) Geschichte der inductiven Wissenschaften, übers. von *Littrow*. Bd. 3. S. 289.

materiellen Vermögen in Anspruch. Nächst ihnen erhält die Physiologie des thierischen Organismus und die Zoologie, weil ihre wesentliche Verbindung mit der Medicin nicht zu verkennen ist, ihren Antheil, wenn auch lange noch nicht in dem Maasse als es wünschenswerth und nothwendig wäre, indem sich derselben in neuerer Zeit zwar bedeutende geistige Kräfte zugewendet haben, aber ohne überall durch die nöthigen materiellen Mittel unterstützt zu werden. Vom Staate freigebig unterstützte physiologische Anstalten giebt es nur noch wenige.

Betrachten wir dagegen die Botanik, so finden wir sie, so wie sie bisher bearbeitet worden ist, nicht so wie sie seyn könnte und seyn sollte, fast ganz als eine müssige Spielerei der Neugier von aller innigen und nothwendigen Verbindung mit dem Leben und seinen unmittelbaren und doch auch in seiner Weise wohlberechtigten Interessen isolirt. Dem Ackerbau, dem sie helfen kann und helfen sollte, hat sie bis jetzt im Ganzen gar nichts geleistet; alle die Gewerbe, die vegetabilische Stoffe benutzen und verarbeiten, fragen völlig vergebens in zweifelhaften Fällen bei ihr an, der es zustände, hier die Gewerbe zu leiten, zu berathen; aber sie weiss nichts Brauchbares anzugeben, kennt oft grade die Pflanzen, welche wichtige Stoffe liefern, am wenigsten und entlehnt Alles, was über den Kreis der blossen Namensystematik hinausgeht, eben nur von den Technikern selbst. Und endlich ihr edelster Beruf, der allgemeinen Physiologie der Organismen die einfachsten und sichersten Grundzüge vorzuzeichnen und so einen wesentlichen Beitrag zum Ausbau des Fundaments dieser interessantesten und vielleicht auch wichtigsten Wissenschaft zu liefern, hat sie bis jetzt völlig versäumt und statt dessen von der Zoologie einige abgelegte Kleider geborgt, um ihre eigne Blösse zu bedecken. In Handbüchern finden wir zwar viel vom Nutzen der Botanik geschrieben; nur schade, dass man in der Wirklichkeit vergebens darnach sucht. Der ganze Nutzen der Botaniker beschränkt sich bis jetzt auf ihre systematische Thätigkeit, darauf, dass sie dem Gärtner für seine Zöglinge lateinische Namen zur Unterscheidung anbieten, vorausgesetzt, dass sie selbst schon über die Namen einig sind; und dass sie denselben Dienst den Pharmaceuten leisten und ihnen sagen, wie die Pflanze auf lateinisch heisst, deren wirksame Stoffe aber schon anderweit längst bekannt waren, aber auch hierbei vorausgesetzt, dass irgend ein Reisender durch Aufopferung und Anstrengung herausgebracht, von welcher Pflanze der Stoff gewonnen wird, und diese dann

dem Botaniker mitbrachte. Die nach und nach oberflächlich erkannten Pflanzen hat man bald so, bald so in Fächer geordnet und Ueberschriften hinzugefügt, und das ist fast die ganze Wissenschaft. Ich will gern zugeben, dass ich hier mit etwas scharfen Zügen gezeichnet, denn in der allmäligen Ausbildung der Menschheit grenzt niemals ein ganz verwerflicher Zustand scharf an den lobenswerthen, sondern geht allmälig in ihn über, je nachdem mehr und mehr Individuen für das Bessere gewonnen werden. Aber wer will leugnen, dass das von mir entworfene Bild noch vor nicht gar langer Zeit vollkommen passte und auch jetzt noch in einem Theile der Botaniker seine Originale findet? So ist denn die Botanik bislang durch kein Interesse des Lebens gestützt und getragen worden und das hat zur Folge gehabt, dass sich nur äusserst wenig tüchtige geistige Kräfte, und für ihre eigentlichen Zwecke auch verhältnissmässig wenig materielle Kräfte ihr zugewendet haben. Ein grosser Theil der Botaniker, wie sich durchaus nicht in Abrede stellen lässt, charakterisirt sich durch eine im höchsten Grade mangelhafte philosophische und allgemein naturwissenschaftliche Vorbildung, und insbesondere sind Chemie und Physik, ohne welche an eine wirkliche Entwicklung der Wissenschaft von den Organismen gar nicht zu denken ist, den meisten Botanikern völlig fremde Gebiete. Nirgends zeigt sich dies deutlicher, als in der Urtheilslosigkeit, mit der physikalisch oder chemisch völlig unhaltbare Ansichten von den Botanikern aufgefasst und festgehalten werden*). Aber man kann selbst bei dem Allergewöhnlichsten stehen bleiben, wo sich die mangelhafte Bildung der Urtheilskraft so oft verräth. *Decandolle* macht in seinem *Prodromus* beim Genus *Anthemis* die sehr richtige Bemerkung, der *pappus* sey das schlechteste Merkmal in diesem Genus, denn er sey in demselben Köpfchen bald vorhanden, bald nicht; dann theilt er nichtsdestoweniger die Species ein in Arten mit *pappus* und Arten ohne *pappus*, endlich unter den Arten

*) Ueberhaupt spricht sich die Bildungsstufe eines Menschen in nichts so sicher aus, als in dem Urtheil über die Leistungen Anderer; Lob und Tadel werden hier in gleicher Weise zum Verräther. Das Lob ist eine gefährliche Klippe, denn dem Dummen und Unwissenden liegt das meiste über seinem Horizont und kommt ihm daher des Anstaunens würdig vor. Der Tadel aber hat eine doppelt verrätherische Seite, indem der ungeschickte Tadel einmal die Unfähigkeit des Urtheilenden, dann aber auch meist seine Unredlichkeit und seinen Mangel an lauterer Wahrheitsliebe offenbart.

ohne *pappus* folgt *A. arvensis*, der er in der Definition einen *pappus* zuschreibt. Oder man nehme ein anderes Beispiel, in welchem sich die traurigste Oberflächlichkeit, die gänzliche Unfähigkeit den Stoff zu beherrschen ohne weitern Commentar ausspricht. Es ist die Vertheilung einer Abtheilung der Hieraciumarten

* *stoloniferae*

a. scapo monocephalo.

1. *H. pilosella λ. bifidum scapo subtricephalo.*

b. scapo diviso oligocephalo.

7. *H. bifurcum β. simplex stolonibus nullis.*

8. *H. sphaerocephalum β. uniflorum scapo monocephalo, stolonibus nullis.*

Einen Schulknaben, der eine solche Chrie einliefert, lässt man nacharbeiten; was fängt man aber mit einem berühmten Meister der Wissenschaft an? Solcher Beispiele aber lassen sich zu Hunderten auffinden. Wie wenig aber der Botanik als eigentlicher Wissenschaft an materiellen Mitteln zu Gute kommt, ist bekannt genug. Man wird mir hier die botanischen Gärten einwenden und vielleicht noch folgendes leider sehr richtige Raisonnement hinzufügen. Man berechne einmal, was die jährliche Unterhaltung der botanischen Gärten in Deutschland kostet, und nehme dazu die Zinsen des Anlagecapitals und frage nun nach den wissenschaftlichen Ergebnissen, die mit den Ausgaben nur einigermassen in Aequivalent stehen. Alljährlich werden ein paar Dutzend Pflanzen abgebildet und mässig genug beschrieben, und die Mediciner, die *ex lege* Botanik hören müssen, erhalten eine gewisse Anzahl Exemplare, die sie zum Theil so wie sie aus der Vorlesung kommen, zum Theil erst nach drei Jahren wegwerfen, wenn sie, die Universität verlassend, das längst vergessene und verdorbene Herbarium ihrem Aufwärter schenken. Ich könnte freilich hiergegen zunächst bemerken, dass es zum Theil die Schuld der Einrichtung der botanischen Gärten ist, dass durch sie so wenig für die Wissenschaft selbst geleistet wird, denn dass von ihnen Cultur der Ziergewächse, die Spielerei mit Varietäten von Georginen, Pelargonien, Camellien, *Viola tricolor* u. s. w. gefordert, und dadurch ein grosser Theil ihrer Mittel der Wissenschaft wieder entzogen wird, ist nur zu oft wahr und fällt durchaus nicht den Botanikern zur Last. Aber wenn mit den der Wissenschaft wirklich zur Disposition gestellten Mitteln auch noch lange das nicht geleistet wird, was geschehen könnte

und sollte, so muss ich doch auch auf der andern Seite behaupten, dass besonders in Deutschland für die Botanik, wenn ihre wichtige Stellung richtig erkannt wird, viel zu wenig geschieht. Wie viele Universitäten giebt es nicht, die überall noch nicht einmal ein öffentliches Herbarium haben. Wie mangelhaft sind die meisten Bibliotheken in Bezug auf botanische Kupferwerke, die in lückenloser Vollständigkeit ganz unentbehrlich sind und deren Anschaffung die Kräfte jedes Privatmanns übersteigt. Hin und wieder findet man sehr lückenhafte Saamensammlungen, meist fehlen sie gänzlich. Wo wären ordentliche öffentliche Holzsammlungen und überhaupt Sammlungen von interessanten Pflanzen, Pflanzentheilen, Präparaten u. s. w., die sich nicht im Herbarium bewahren lassen? Wird doch oft selbst das Wenige, was leicht zu haben wäre, auf unverantwortliche Weise vergeudet. Wie viele Seltenheiten sind nicht schon auf dem Composthaufen der botanischen Gärten verfault. Nirgends aber, so viel ich weiss, existirt ein gut eingerichtetes und gut unterstütztes Institut zur Anstellung von wissenschaftlich bedeutsamen Versuchen insbesondere für Physiologen, und doch lässt sich auch hier mit Privatmitteln, wenn nicht zufällig ein grosser Reichthum einen Einzelnen unterstützt, gar nichts ausrichten.

Wenn wir auf diese Weise einmal den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft überblicken und, von manchen vereinzelten, gediegenen Leistungen absehend, vielmehr nur das ins Auge fassen, was in diesem Augenblick als allgemeines gesichertes Eigenthum der Botanik in Anspruch genommen werden darf, worüber alle ausgezeichnetere Bearbeiter der Wissenschaft einig sind, was wohl erweitert und bereichert, aber nicht mehr völlig umgeworfen werden könnte, so werden wir wahrlich finden, dass unsere Wissenschaft zum Erschrecken dürftig und inhaltsleer ist. Es werden sich selbst wenige Elementarlehren finden, über welche nicht je zwei der bedeutendsten Lehrer verschiedener Ansicht wären. Mag sich nur Einer die Mühe nehmen und *Link's Elementa phil. bot.*, *Ach. Richard's* Handbuch der Botanik, *Alphons Decandolle* Handbuch der Botanik, *Lindley's* Einleitung in die Botanik und *Endlicher* und *Unger* Grundzüge der Botanik neben einander legen und das excerpiren, worüber alle genannten Schriftsteller einig sind, ich bin gewiss, das ganze Ergebniss wird sich auf einem Bogen zusammendrucken lassen. Keine zwei sind über die Entstehung der Zelle einig, ihre spätere Ausbildung, die Bildung der Gefässe sind noch Gegenstand

der Controverse, die Entstehung der Bastzellen und Milchsaftgefässe ist völlig unbekannt. Jeder hat eine andere Zahl von Elementarorganen. Die Natur der Oberhaut, ihre Verdickungsschicht und ihre Oeffnungen sind noch Gegenstände des Streits, und zwar werden die directesten Gegensätze in den Thatsachen, die nur entweder seyn oder nicht seyn können, hier und dort vertheidigt. Bildung und Verlauf der Gefässbündel bietet jedem Autor Gelegenheit, eigenthümliche, von Andern abweichende Ansichten zu entwickeln. Welche endlose Menge der scheinbar gleichberechtigten Ansichten über die Natur und Bedeutung der Organe bei den Kryptogamen stehen sich einander gegenüber, wo der Eine weiss, der Andere schwarz behauptet. Und bei den Phanerogamen? Blatt und Stengel, Stengel und Wurzel, wo ist der Unterschied? Jeder giebt einen andern an und Jedem wird der seinige vom Gegner mit Recht als falsch nachgewiesen. Die Zahl der Blüthentheile, ihre Natur, ihre Benennung, ihre Entwickelung zur Frucht, die Zahl der Fruchtarten u. s. w., Alles ist ein vastes Gebiet der Ungewissheit, des Zweifels, des Streites *). Endlich in der blossen systematischen Anordnung der Pflanzen was haben wir denn gewonnen? Wenn nicht traditionell die Kenntniss einer Menge Pflanzen vom Lehrer auf Schüler vererbte, nach unsern Handbüchern sollte mans wahrlich wohl lassen, die meisten zu bestimmen. Welche Oberflächlichkeit und Verwirrung herrscht hier überall! *Nepeta nuda* z. B. ist eine Pflanze, die schon *Linné* kannte. Man vergleiche die Definition bei *Reichenbach* und *Koch*, und man überzeugt sich gleich, dass Beide ohne Frage verschiedene Pflanzen unter diesem Namen beschrieben haben. In einigen botanischen Gärten habe ich Pflanzen unter diesem Namen gesehen, auf die keine der genannten Definitionen passte; *Linné's* Originalexemplar hat, so viel mir bekannt, weder *Koch* noch *Reichenbach* gesehen, sie ist vielleicht noch eine andere Pflanze. Tausend Botaniker leben gewiss in Deutschland, welches etwa 5000 Species Phanerogamen hat. Es kommen also auf jeden Botaniker nur 5 Pflanzen, und man sehe nur unsere Floren durch, lese die ewigen Zänkereien und Berichtigungen über Pflanzenarten, die oft schon seit 100 Jahren bekannt sind, so wird man finden, dass kaum 3000 nothdürftig sicher bestimmt sind.

*) Man vergleiche hierfür die Ausführung im Einzelnen im materiellen Theile dieses Buchs.

Gehen wir endlich zur systematischen Anordnung der Pflanzen über, so haben *Adanson*, *Jussieu* und *Rob. Brown* mit eminentem Talent begabt eine grössere Anzahl von Gruppen gebildet und ziemlich sicher begrenzt, aber eine noch bei Weitem grössere Anzahl von Familien ist völlig vage und daran, dass diese sogenannten Familien wirklich homologe Glieder eines Systems bedeuten dürften, ist noch nicht entfernt zu denken, denn es fehlt an jedem auch nur scheinbaren Princip, dies zu bestimmen, und so erhalten wir wieder die endlosen und ganz kindischen Streitigkeiten über die Ansprüche der einzelnen Gruppen auf den Namen Classe, Ordnung, Familie, Tribus u. s. w. Zuletzt kommt noch die Anordnung der Familien unter einander in Frage. *Reichenbach*, *Martius*, *Lindley*, *Unger* und *Endlicher* haben uns in der letzten Zeit Jeder mit einem eignen System beschenkt. Jedes dieser Systeme ordnet die Pflanzen nach einer andern Reihefolge an, jedes hat andere Hauptabtheilungen und Jeder hat in der Einleitung mit lobenswerthem Selbstgefühl ausgesprochen, sein System sey das einzige wahrhaft natürliche, welches sich denken lasse. Ich meine, es müsse nachgrade den Botanikern so gehen, wie den römischen *Haruspices*, die sich nicht ansehen konnten, ohne zu lachen.

Keinem, der nur den guten Willen hat, über den heutigen Zustand der Botanik zu einem klaren Urtheil zu kommen, kann es entgehen, dass diese vorstehende Zeichnung in ihren Hauptzügen richtig ist, nur die traurigen Thatsachen wiedergiebt, und vergleichen wir damit den gegenwärtigen Zustand anderer naturwissenschaftlichen Disciplinen und selbst die uns nächstverwandte Zoologie, so müssen wir gestehen, dass wir auf ganz unverantwortliche Weise zurück sind. Der Grund davon ist nun sehr leicht in der oben verworfenen dogmatischen Behandlung der Wissenschaft zu finden, die noch immer ein drückender Alp auf uns lastet und jede lebendige und freie Bewegung hemmt. Es fehlt im Allgemeinen an einer richtigen Orientirung über die Aufgaben des menschlichen Erkenntnissvermögens und die Mittel zu ihrer Lösung, und man sucht diese letztere daher dort, wo sie nie gefunden werden kann. Es ist die alte und stets wieder auftauchende Verwechselung von Gehalt und Form und der leere Wahn, als könne jemals durch die letztere auch der erstere an unsere Erkenntniss gebracht werden, während aller Gehalt doch ewig nur aus der Erfahrung gewonnen werden kann und daher jede Form für sich leer bleibt. Gründliche Tiefe und lebendige Beweglichkeit können

wir uns nur dadurch sichern, dass wir alles Systeme- und Theorien-Schmieden bei Seite werfen, denn Systeme und Theorien sind die Vorhänge, hinter denen sich von jeher schwerfällige Bornirtheit und gedankenleere Seichtigkeit versteckt haben und allein verstecken können. Die, welche eine theoretische Vereinigung wie sie's nennen, ein Dogma suchen, finden es gar leicht zu ihrer Zufriedenheit. Aber eben diese Befriedigung könnte ihnen zeigen, dass sie nur nach Gemeinem, Niedrigem, in sich Unwerthem gestrebt, denn nur solches kann der Mensch erreichen. Das Vollkommene, das Ideale schwebt uns stets und in allen Dingen nur als glänzender Lichtpunct in unermesslicher Ferne vor, und grade deshalb hat auch das Ziel (als ein immer unerreichbares) gar keinen Werth für den Menschen, sondern nur der Weg, nicht das Resultat, sondern die Methode, und da ist diejenige die beste, die die freieste und sicherste Beherrschung der Geisteskraft, zugleich mit der stetigen und unverrückbaren Richtung zum Fortschritt gewährt. So ergiebt sich uns denn die Berechtigung und Nothwendigkeit, bei jeder wissenschaftlichen Thätigkeit zuerst nach der Methode zu fragen, sie zu prüfen und nach dem Resultat dieser Prüfung allein die ganze Arbeit zu loben oder zu verwerfen. In diesem Sinne nun stelle ich, dem Geiste meines grossen Lehrers *Fries* getreu, die Anforderung, dass jede naturwissenschaftliche Disciplin ausschliesslich nach inductiver Methode fortschreite, dass jede Bearbeitung derselben, die dieser Methode nicht treu bleibt, schon deshalb unbedingt zu verwerfen sey und nie als wahrhafte und brauchbare Förderung der Wissenschaft angesehen werden könne.

Hier bleibt uns aber noch zweierlei zu unterscheiden.

I. Wie schon oben erwähnt, ist mehr oder weniger die Bearbeitung jeder Wissenschaft an die Erfahrung gebunden. Die Anforderung, aus einem Grundsatz heraus den reichen, lebendigen Gehalt der Wirklichkeit zu entwickeln, ist eine in sich so absurde, dass Niemand ihr consequent treu bleiben kann, wie das von *Fries* z. B. gegen *Fichte* und *Schelling* unwiderleglich nachgewiesen wurde. Allein es kann doch dieses Annehmen und Aneignen aus der Erfahrung mit mehr oder weniger Bewusstseyn geschehen und man kann sich und Andere täuschend wirklich versuchen oder zu versuchen glauben, aus einem constitutiven Princip den ganzen Gehalt einer Wissenschaft zu entwickeln, wo denn consequent jede Thatsache, die man unbewusst aus dem Zufälligen der Erfahrung aufgenommen hat, im System ihre Stelle wenigstens scheinbar als noth-

wendige Folge des Princips findet. Hier ist das Dogmatisiren nun ein philosophischer Irrweg, aus verworrener Abstraction und logischer Unbeholfenheit hervorgegangen, und der Streit gegen diese Verkehrtheit wäre eigentlich allein von der Philosophie und auf ihrem Gebiete auszufechten. Allein grade die Naturwissenschaften eignen sich, weil ihnen immer die inappellable Sicherheit der unmittelbaren sinnlichen Erkenntniss oder die unwiderlegliche mathematische Demonstration zur Seite steht, ganz besonders dazu, ein angebliches philosophisches System in seinen Folgen anzugreifen und seine Verkehrtheit und Unfruchtbarkeit augenscheinlich darzulegen. Hier wäre daher insbesondere für unsere Zeit auf *Hegel* und *Schelling* Rücksicht zu nehmen *). Den Ersten aber kann ich Gottlob übergehen. Durch preussische Schulpolizei eingeführt und abgeschafft, ist er überall nur als eine ephemere Erscheinung zu betrachten, die einer zu tiefern philosophischen Untersuchungen unfähigen Generation für einige Zeit die Köpfe verwirrte, weil die in sich nichtssagenden Formeln sich den heterogensten Zeitfragen, dem Absolutismus wie dem gehaltlosesten Liberalismus, der bornirtesten Orthodoxie wie dem himmelstürmenden Atheismus (aber nur keiner wahrhaft tüchtigen Gedankenfülle und ethisch gestützten Tendenz) als Mantel umhängen liessen, um dem Geschrei der Parteileidenschaft den Schein der Wissenschaft zu verleihen. Man hat die Hegel'sche Phraseologie wohl als Philosophie des Liberalismus ausgegeben und dadurch hat sie sich viele Anhänger erworben, aber sehr mit Unrecht. Denn die ganze Vergötterung der Menschengeschichte, worauf am Ende alles einigermassen Gehaltvolle bei *Hegel* hinausläuft, ist weder servil noch liberal und ist überhaupt das an allem Wahrheitsprincip verzweifelnde und kraftlose sich Hingeben an den Umschwung des Schicksals. *Hegel* hat nie eigentlich eine Schule gehabt, aber was ihm eigen war, seine übel gewählten Ausdrücke für verworrene Abstractionen, die früher schon klarer gefasst und besser bezeichnet waren, diese Phrasen des „an sich und für sich Seyns" etc. werden sich vielleicht noch einige Zeit lang erhalten, so wie die Redensart: „*Hegel* war der grösste Philosoph, der je gelebt", wobei aber die, die es sagen, eigentlich wohl an nichts Bestimmtes denken, weil sie sich vorher nicht genügend orientirt, was eigentlich Philosophie sey. Für die Naturwissenschaften ist er gänzlich unbeachtet und unbemerkt vorübergegangen. Wer so auftrat, wie er,

*) Vergl. *Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft.

wer dann späterhin seine Unwissenheit in diesem Fache so documentirt, wie er, konnte zu unsrer Zeit auch nicht einmal einen Scheineinfluss erlangen, und solche Aufsätze wie die des Herrn *Dr. Loewenthal* in *Ruge's* Jahrbüchern, sind für einen ächten Naturforscher, wenn sie ihm überhaupt in die Hände fallen, höchstens eine ergötzliche Abendunterhaltung.

Leider müssen wir dagegen anerkennen, dass Schelling einen eben so bedeutenden als verderblichen Einfluss auf die Naturwissenschaften ausgeübt hat. Gar nicht sind davon Mathematik und Astronomie, wenig die an strengere mathematische Methoden schon gewöhnte Physik so wie die Chemie berührt worden. *Schelling's* grossartige Unwissenheiten (wie z. B. seine Vermengung des Galilei'schen Fallgesetzes mit der Newton'schen Gravitation in der Zeitschrift für speculative Physik u. s. w.) sind von Physikern und Astronomen gar nicht gelesen oder wenigstens als spashafte Erscheinung lächelnd bei Seite gelegt worden; in der Sicherheit ihrer durch anerkannt richtige Methoden gewonnenen Resultate durften sie solche Dinge ruhig ignoriren. Anders aber steht die Sache für die Wissenschaft von den Organismen, wo die sich noch grösstentheils der mathematischen Behandlung entziehenden Aufgaben die Resultate von der Klarheit der Abstraction und der Feststellung der Begriffe abhängig erscheinen lassen, wo also eine Lehre, der es gelingt, durch zufällige äussere Verhältnisse begünstigt ihre falschen Abstractionen geltend zu machen, einen für lange Zeit nachwirkenden, verderblichen und hemmenden Einfluss auf die gesunde Entwicklung der Wissenschaften ausüben muss. Hier will ich nur auf einige allgemeine Gesichtspuncte aufmerksam machen, speciellere Thatsachen werden im Verfolg dieser Darstellung uns noch genug begegnen. Auch kann ich, wie gesagt, hier nicht die Aufgabe haben, das Schelling'sche Philosophem in seinen Grundlagen zu widerlegen, das haben bessere Männer schon gethan. Nur *argumento ad hominem* will ich hier daran erinnern, wie von allen neuern philosophischen Lehrern unser *Fries* der einzige gewesen ist, der sich die Mühe nicht verdriessen liess, allen Verirrungen seit *Kant* bis auf die Quelle nachzugehen, ihre Grundfehler aufzusuchen und zu entwickeln und so seine Bezeichnung dieser Bestrebungen als entschiedne Rückschritte gründlich und unwiderleglich zu rechtfertigen. Er hat so nachgewiesen, dass noch Keiner die Aufgabe der Philosophie und die Lösung derselben durch *Kant* nur verstanden und dass alle Nachfolger, weit entfernt über *Kant* hinauszugehen,

ohne Ausnahme bei schon lange widerlegten vorkantischen Fehlern stehen geblieben sind. Auf diese bis in's Einzelne gehenden Widerlegungen hat Keiner antworten können, *Schelling* hat vornehmthuend geschwiegen, *Hegel* hat sich mit Schimpfen geholfen, was ihm seine Nachbeter auch nachgemacht, und es macht in der That einen höchst komischen Eindruck, wenn man die Ungezogenheit *Hegel's*, ,,dass *Fries* der Heerführer aller Nichtdenker sey'', von Knaben nachgelallt hört, die in ihrem ganzen Leben nicht so viel eigenthümliche, lebendige und wahrhaft tiefe Gedanken zu Tage bringen werden, als allein im ersten Bande von *Fries's* Kritik der Vernunft niedergelegt sind. *Fries* war es aber allein um die Wahrheit zu thun, deshalb scheute er weder die Mühe der Arbeit, noch die Gefahr der möglichen Widerlegung, indem er alle Richtungen verfolgte und mit seinem eminenten Scharfsinn jeden Irrweg aufdeckte und dem, der nur sehen will, unmöglich machte; den Andern dagegen, zumal *Schelling*, war es nur um Geltendmachung ihres Ich zu thun und deshalb mussten sie Alles ignoriren, was nicht in ihren Kram passte und wo ihnen wohl ein dunkles Gefühl sagen mochte, dass jedes specielle Eingehen eine sichre Niederlage zur Folge haben würde. Für den, der wirklich die Wahrheit sucht, kann ich mich hier nur auf *Fries's*, ,,*Reinhold*, *Fichte* und *Schelling*'', Leipzig 1803, ,,*Fichte's* und *Schelling's* neueste Lehren von Gott und Welt'', Heidelberg 1807 und auf seine Geschichte der Philosophie berufen. Wer diese Schriften ernst und gründlich und mit freier Liebe zur Wahrheit studirt, wird, wenn auch nicht auf unsrer Seite seyn, doch das völlig Unhaltbare und Gedankenleere der Schellingschen Versuche klar einsehen. Hier habe ich nur noch auf ein paar Puncte aufmerksam zu machen, die insbesondere den verwirrenden Einfluss auf unsere Wissenschaft ausgeübt haben. Das Erste ist das von *Schelling* grade da, wo es am allerverwerflichsten ist, in den so rein empirischen Wissenschaften erst recht befestigte dogmatische Vorurtheil. Aus Principien soll mit philosophischer Nothwendigkeit entwickelt werden, was einzig und allein der Wirklichkeit durch Erfahrung zu entlehnen ist. Die Zufälligkeit der einzelnen Thatsachen und die noch grössere Zufälligkeit der Erkenntniss bestimmter Thatsachen sollen hier als Nothwendigkeit erkannt werden. Welche Thorheiten dabei herauskommen, kann man leicht an Beispielen zeigen *).

*) Vergl. *Schelling's* und *Hegel's* Verhältniss zur Naturwissenschaft.

Das Zweite ist die psychologische Verworrenheit und Unwissenheit, die sich bei allen Schellingianern geltend macht, mit der sie jede Combination von Vorstellungen, jeden Traum, jedes Gedicht für einen Gedanken ausgeben und weder das Vermögen der künstlichen, für wissenschaftliche Ausbildung unerlässlichen Abstraction, noch das der willkürlichen, zu bestimmtem Ziele geleiteten Reflexion in sich ausbilden, dagegen willenlose Werkzeuge ihrer aller verständigen Herrschaft entbundenen Phantasie werden. Diese psychologische Desorientirung macht sich aber besonders geltend, einmal in der mangelhaften Begriffsbildung, bis zu welcher sich die Schellingianer überhaupt fast niemals erheben, indem sie nur mit den unbestimmten Schematen der productiven Einbildungskraft spielen, oder die abstracten Begriffe nur nach irgend einem oft vielleicht ganz unwesentlichen Merkmal auffassen*), und zweitens in dem gänzlichen Verkennen der Rechte der Logik und völliger Unkenntniss ihrer Gesetze, worin sie und die Hegelianer um den Vorrang streiten.

II. Der Dogmatismus tritt aber auch zweitens als ein Erbstück des Mittelalters in der Form der Darstellung einer Wissenschaft auf und hieran leiden mehr oder weniger alle Schriftsteller, die die gesammte Wissenschaft behandeln. Man giebt zwar zu, dass die Wissenschaft inductorisch zu erfinden sey, dann aber dogmatisch, nach systematischer Vergliederung der Definitionen und Eintheilungen vorgetragen werden könne und müsse. Ein wesentlicher Punct wird nur hierbei übersehen, den ich später noch ausführlicher entwickeln muss, dass nämlich unsere organischen Naturwissenschaften eben erst erfunden werden sollen, noch ganz gewaltig in ihrer Kindheit sind, und dass eine Wissenschaft doch erst da seyn muss, ehe man sie systematisch vorträgt. Wir haben bis jetzt in der Botanik noch nichts, als einige Versuche, zur Wissenschaft zu gelangen, und die lassen sich gar nicht dogmatisch behandeln, wenn man nicht als gewiss erzählen will, von dem man doch selbst recht gut weiss oder wissen könnte, dass es noch im höchsten Grade ungewiss ist. Aber auch abgesehen davon geht bei dem dogmatischen Vortrag alle lebendige Fülle der Wirk-

*) Man wird hier oft an *Gilbert* (*de magnete* 1600) erinnert: „Der Magnet (Magnetismus) und der Bernstein (Elektricität, Polarität) wird von den Philosophen als Erläuterung oder Aufklärung zu Hülfe gerufen, so oft unsre Sinne in der Dunkelheit abstruser Untersuchungen herumirren und unser Verstand nicht mehr weiter kann.“ Es giebt doch nichts Neues unter der Sonne.

lichkeit und der Gedankenbewegung verloren, dem Schüler wird jedes Selbstdenken erspart, und somit seine eigne geistige Thätigkeit gar nicht in Anspruch genommen und belebt, das Ganze wendet sich nur an das mechanische Gedächtniss und alles Gelernte wird dadurch ein völlig unbrauchbares und todtes Wissen, statt geistige Bildung und Entwicklung zu seyn. Auf die höchste Spitze getrieben findet sich diese falsche Form in dem neuesten Werke von *Endlicher* und *Unger*: „Grundzüge der Botanik", dessen Erscheinen unter der Aegide solcher Namen man nur ernstlich bedauern kann. Mir scheint es, dass, abgesehen von manchem im Einzelnen zu Tadelnden, was später zu berühren ist, das ganze Buch in seiner streng scholastischen Weise für unsere Zeit ein gar schlimmer Missgriff ist. Von Anfang bis zu Ende schreitet es in systematisch aneinandergereihten leeren Namenerklärungen fort, die um so unfruchtbarer sind, als die Verfasser meistentheils nicht einmal sich die Mühe gegeben haben, Beispiele zu nennen. Das, was allein das eigentlich Gehaltvolle und die wirkliche Grundlage des Gesagten seyn könnte, nämlich Entwicklungsgeschichte, Anatomie und Physiologie, wird, in sich selbst sehr mager und unbedeutend, den einzelnen Abschnitten hinten angehängt, weder formell noch materiell mit dem doch allein hieraus Abzuleitenden in Verbindung gesetzt. Es heisst z. B. S. 182 ff.:

„Der Blüthenboden bietet in seiner Bildung zwei Hauptverschiedenheiten dar, je nachdem er aus einem oder aus mehreren G l i e d e r n besteht. Diese Verschiedenheit hat oft einen entschiedenen Einfluss auf die Gestalt des Blüthenbodens und auf das Verhältniss der appendiculären Blüthentheile zu einander, und man kann nach den Hauptformen, welche der ein- und der mehrgliedrige Blüthenboden annehmen, ersteren als K e g e l b o d e n, letzteren als S c h e i b e n b o d e n bezeichnen.

„Der K e g e l b o d e n (*receptaculum conicum*, *conopodium*) erhebt sich nach Art anderer Axenenden in Gestalt eines verlängerten oder verkürzten Kegels, der bei den geringen verticalen Abständen der an ihn gereihten appendiculären Organe oft in die Flächenform übergeht.

„Am S c h e i b e n b o d e n (*receptaculum discoideum*, *discopodium*) erhebt sich die Peripherie des unteren Axengliedes in Form einer Scheibe oder einer Röhre, welche das kegelförmige oder flache Endglied umgiebt oder einschliesst.

„Wir unterscheiden am Kegelboden die Deckenregion, die Staubregion und die Stempelregion, die meist wieder in eine Fruchtblattregion

und in eine Keimknospenregion (*trophospermium*) zerfällt. Der Ursprung der Decken und Staubgefässe aus einer unter dem Stempel gelegenen Region der Axe ist hier kenntlich, wesshalb man das Verhältniss dieser Organe zum Stempel als ein unterständiges (*inferum*, *hypogynum*) bezeichnet.

„Am Scheibenboden unterscheiden wir den unter der peripherischen Ausbreitung des unteren Axengliedes gelegenen Axentheil oder Unterboden (*hypopodium*), die peripherische Ausbreitung selbst oder die Scheibe (*discus*), und das von dieser Scheibe umgebene oder eingeschlossene Axenende oder den Oberboden (*epipodium*).

„Der Unterboden ist in nichts als eine besondere Region ausgezeichnet, und wird nur dort unterschieden, wo ein Theil der appendiculären Blüthenorgane aus einem unter der Scheibe gelegenen Axentheile entspringt.

„An der Scheibe, die sich unter dem Oberboden flächenförmig ausbreitet oder röhrenförmig erhebt, so dass sie denselben umschliesst, kann die äussere Scheibenwand, der Scheibenrand und die innere Scheibenwand unterschieden werden. Sie ist einfach, wenn sich ein einziges Axenglied peripherisch ausdehnt, doppelt, wenn zwei Axenglieder sich in dieser Weise ausbreiten und eine äussere und innere Scheibe darstellen.

„Der Oberboden, der verschwindend kurz oder kegelförmig erhaben ist, entspricht der Fruchtblatt- und Keimknospenregion des Kegelbodens, oder er stellt den Keimpolster allein dar, der von den auf der Scheibe stehenden Fruchtblättern bedeckt wird.“

Welche Glieder sind hier gemeint? Die schematischen Abbildungen geben keine Andeutung einer Verschiedenheit zwischen Kegelboden und Scheibenboden, die kleinere Ausbreitung in der Mitte abgerechnet. Stengelglieder können hier entschieden nicht gemeint seyn. Bei welchen Pflanzen aber kommen diese Verschiedenheiten vor? Kommen sie überhaupt wirklich vor oder ist die Eintheilung *a priori?* und wenn sie vorkommen, umfassen sie alle möglichen Vorkommnisse? und wenn dieses, wie geht es aus der Natur des Blüthenbodens hervor, dass diese Verschiedenheiten und nur diese vorkommen? Umfassen sie aber nicht alle möglichen Verschiedenheiten, an welchen Pflanzen sind denn diese beobachtet und welche sind noch zu untersuchen? Hat die Eintheilung überhaupt eine Bedeutsamkeit für das Verständniss der Blüthenbildung und welche? oder

dient sie nur der anschaulichen Beschreibung? Der Blüthenboden wird nur als Axenorgan bezeichnet und somit ist der Discus auch ein Axentheil. Ist denn alles, was gewöhnlich in der Botanik als Discus bezeichnet wird, ein Axenorgan? Z. B. bei den Scrophularinen? Wodurch ist diese Behauptung begründet? auf welchen beobachteten Thatsachen beruht die Induction? Die Beantwortung aller dieser und ähnlicher Fragen aber bildet, wie leicht einzusehen, allein den wahren positiven Gehalt unserer Kenntniss des Blüthenbodens, während die Verfasser nichts lehren als wie sie die Dinge benennen und eintheilen, vorausgesetzt, dass wirklich diese Dinge in der Natur vorhanden wären und sich so eintheilen liessen wie die Verfasser wollen. Hier und so im grössten Theil des ganzen Werkes ist die systematische Form der Wissenschaft ganz und gar mit ihrem eigentlichem Gehalt verwechselt und an die Stelle desselben getreten. —

Diesen dogmatisirenden und systematisirenden Methoden setzen wir Anhänger *Fries's* nun eben die inductiven und heuristischen Methoden als die allein berechtigten gegenüber. In der reinen Philosophie nennen wir sie eben ihrer Eigenthümlichkeit wegen die kritischen Methoden, deren Aufgabe Entwicklung einer Theorie der Vernunft und Deduction aller aus derselben entspringenden unmittelbaren Erkenntnisse, deren Hülfsmittel lediglich Selbstbeobachtung und scharfe Zergliederung der Begriffe zur Bildung der naturgemässen Abstractionsweisen ist; in den angewandten philosophischen Disciplinen aber und in den Naturwissenschaften nennen wir sie inductive Methoden im engern Sinne. Ihr Eigenthümliches besteht darin, dass man überhaupt zunächst von allen Hypothesen abstrahirt, kein Princip voraussetzt, sondern von dem unmittelbar Gewissen, von den einzelnen Thatsachen ausgeht, diese rein und vollständig auszusondern sucht, nach ihrer innern Verwandtschaft anordnet und ihnen selbst dann die Gesetze, unter denen sie stehen, die sie als Bedingung ihrer Existenz voraussetzen, abfragt und so rückwärts fortschreitet, bis man bis zu den höchsten Begriffen und Gesetzen gelangt, bei denen sich eine weitere Ableitung als unmöglich erweist. So kommt unmittelbar Sicherheit und Fortschritt in die Wissenschaft, während jede andere dogmatisirende Methode keine Gewährleistung ihrer Behauptungen in sich hat. Sicherheit in der Begründung ihrer einzelnen Aussprüche nun gewinnt die Wissenschaft eben nur durch strenge Durchführung der inductiven Methoden. Aber sie hat in dieser Beziehung auch noch den andern Vor-

theil, dass sie dem freilich bei aller menschlichen Thätigkeit nie ganz auszuschliessenden Irrthum alle seine Schädlichkeit und insbesondere die Möglichkeit benimmt, durch seine Folgesätze für längere Zeit verwirrend durch die Wissenschaft fortzugehen und Fehler zu veranlassen, die um so schwerer zu entdecken sind, da sie vielleicht von dem Grundirrthum, der gar nicht beargwohnt wird, völlig folgerichtig abgeleitet wurden. Hierfür ist eben im Grossen jede Bearbeitung der naturwissenschaftlichen Disciplinen nach sogenannter speculativer Naturphilosophie das sprechendste Beispiel. Auf die Prüfung der Schelling'schen Grundfehler haben sich die Meisten, die ihm folgten, nicht eingelassen und oft nicht einlassen können, und so ist denn all ihr aufgewendeter Scharfsinn und ihr Talent (wenn auch nur theilweise durch ihre Schuld) grossen Theils verloren gegangen. Wer aber die Grundlagen jenes Philosophems geprüft, weiss von vorn herein, dass damit weiter nichts anzufangen sey, und sieht sich sogleich nach bessern Methoden um. Wo nun aber streng auf inductive Weise (in der Philosophie kritisch) verfahren wird, liegt jede einzelne Behauptung zugleich mit ihrer Begründung vor und Jeder ist im Stande, wenn er will, sich zu überzeugen, ob sie von dem unmittelbar Gewissen der Thatsachen richtig abgeleitet ist oder nicht. Jeder Irrthum wird daher sogleich entdeckt und verbessert und niemals lange schädliche Nachwirkungen in der Wissenschaft haben können. In dieser Beziehung ist nun aber auch die blosse dogmatische Darstellung der auf inductorischem Wege gewonnenen Wissenschaft so durchaus als verfehlt anzusprechen, weil man gar nicht im Stande ist zu beurtheilen, welcher Grad von Sicherheit und Zuverlässigkeit den einzelnen dogmatisch hingestellten Sätzen zukommt und daher immer nicht einen verbessernden Fortschritt an sie anschliessen, sondern sie nur völlig ignoriren kann, wie es auch dem oben angeführten Werke von *Endlicher* und *Unger* nothwendig gehen muss. Wenn sie z. B. §. 620. und S. 306—7 sagen, die Scheidewand der Cruciferen entstehe aus der Fruchtsäule, S. 94. die Nadelhölzer haben nur Gefässe*), S. 40. die Lebenssaftgefässe entstehen aus cylindrischen übereinandergestellten Zellen, S. 33. Zellenbildung als Höhlung in primär formloser Gallerte ist die ursprüngliche und allgemeinste, demnächst die Zellenbildung durch Theilung etc., überall ohne die Begründung dieser Aussprüche auch nur anzudeuten, so bleibt der fortschreitenden Wissen-

*) Noch dazu in directem Widerspruch mit der Definition der Gefässe S. 8.

schaft höchstens übrig, beständig zu wiederholen, dies und jenes ist falsch, was aber ebenso überflüssig als unfruchtbar ist, wenn man nicht auch zeigen kann, warum es falsch ist und wodurch der Irrthum veranlasst wurde.

Endlich ist auch die Rücksicht auf den Schüler, den Lernenden nicht aus den Augen zu lassen und als solcher ist jeder Leser eines Buchs anzusehen, welches überhaupt seines Daseyns werth seyn soll. Ein Buch, aus dem Niemand etwas lernen kann, verdient überall nicht einmal als vorhanden anerkannt zu werden. Wissen an sich ist werthlos, wie das sich daraus ergiebt, dass es einzelne höchst gelehrte Vielwisser gegeben, die als Menschen die verächtlichsten Gesellen waren, so dass man berechtigt ist zu behaupten, das Wissen an sich hat nicht eine Kraft selig zu machen Alle die daran glauben. Man ist auch besonders in neuerer Zeit schon vielfach auf den Satz gekommen, dass die formelle Bildung des Geistes eigentlich das sey, was an der Erlernung des Einzelnen erstrebt werden solle, sobald diese Erlernung etwas Anderes als handwerksmässige Abrichtung zu bestimmten Gewerben seyn soll. Was aber formelle Bildung sey, scheint mir keineswegs bis jetzt klar und richtig ausgesprochen zu seyn. Moralische und Verstandesbildung, letztere wesentlich nur im Dienste der ersteren, ist das Ziel, und das Mittel, die Herrschaft des Willens über die Natur, dort des verständigen Willens über Neigung und Leidenschaft, hier des nach Zwecken geleiteten willkürlichen Denkens über die unwillkürlichen Associationen des niedern Gedankenlaufs. Formelle Bildung ist also in jedem Falle Uebung des Willens in der Leitung der unwillkürlichen Vorstellungen zu bestimmten Zwecken, dort der Idee des Guten, hier der Idee des Wahren gemäss. Für eine solche Uebung thut aber das blos gedächtnissmässige Auffassen irgend einer Reihe von Thatsachen gar nichts und ist daher für unsere Bildung völlig werthlos, selbst wenn die Thatsachen alle wahr wären. Dagegen ist jede Anleitung zur lebendigen Gedankenentwicklung für einen bestimmten Zweck als die Denkkraft, d. h. die Herrschaft des Willens über die unwillkürlichen Associationen, übend auch formell bildend, selbst dann noch, wenn die Vorstellungen selbst, die willkürlich combinirt werden, falsch, der Zweck, zu dem sie combinirt worden, ein verwerflicher wäre. Dies letztere aber kann in den Naturwissenschaften, sobald sie inductiv behandelt werden, nicht einmal oft vorkommen und deshalb scheinen mir

auch die richtig behandelten Naturwissenschaften das bei Weitem allen Uebrigen vorzuziehende Bildungsmittel zu seyn.

Wenn nun für das Gelingen jeder wissenschaftlichen Bestrebung die Methode die erste und wichtigste Grundlage ist, wenn die inductorische Methode in den Naturwissenschaften als die allein berechtigte erscheint, so wird natürlich die Frage entstehen, wie sich denn in den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaft und insbesondere hier für die Botanik die inductorische Methode im Einzelnen gestalte. Leider besitzen wir gar nichts einigermassen Brauchbares in dieser Beziehung, worauf man verweisen könnte. Nicht einmal die allerallgemeinsten Grundlagen kann man heut zu Tage bei irgend Jemand als bekannt voraussetzen. Phantastische Charlatanerie auf der einen Seite, leeres, scholastisches Formelwesen auf der andern Seite, beides im Allgemeinen mit einer oft ins Unglaubliche gehenden Unwissenheit gepaart, haben durch zufällige äussere Verhältnisse veranlasst eine Zeit lang die deutschen Schulen beherrscht und leider die philosophischen Bestrebungen bei allen tüchtigen Leuten von Fach völlig in Misscredit gebracht. Wer mag es dem Astronomen, Mathematiker, Physiker und Chemiker verargen, der *Schelling's* Zeitschrift für speculative Physik liest, wenn er die Philosophie für eine Tändelei phantasiereicher, aber unwissender Kinder ansieht; wer wird den Physiologen, den Anatomen schelten wollen, der mit *Hegel's* Naturphilosophie in der Hand die Speculation für einen niedern Grad der Narrheit erklärt? Gleichwohl sind einigermassen bedeutende und gesicherte Fortbildungen der Wissenschaft gar nicht ohne philosophische Durchbildung denkbar. Aus dem halt- und gestaltlosen Gebiet des subjectiven Meinens, der sich gleichberechtigt gegenüberstehenden Einfälle der einzelnen Forscher kommen wir nie heraus, wenn wir nicht den Faden finden, der uns durch das Labyrinth heller und dunkler, deutlicher und verworrener Vorstellungen, durch Gedanken und Bilder, wie sie im wechselnden Spiele unsere Seele erfüllen, durchführt, wenn wir nicht die Normen aufsuchen, nach denen wir über den Werth sich widerstreitender Ansichten entscheiden und die eine als unberechtigt verwerfen können. Nicht Jeder ist im Stande, sich aus der verwirrenden Menge historischer Thatsachen in klarem, freien Ueberblick den Faden herauszufinden, an welchem sich die Geschichte der Menschheit fortspinnt, und wie hier der langsame Fortschritt ganz an die klarere Entwicklung des philosophischen Gedankens gebunden ist; aber von jedem wissenschaftlich Gebildeten kann man ver-

langen, dass ihm die bedeutendern Erscheinungen seiner eignen Zeit und zumal so weit sie sein specielles Fach berühren, nicht fremd geblieben sind, dass er sie in ihrem Zusammenhange erfasst hat. Was werden wir aber sagen müssen, wenn wir sehen, wie *Fries* in seiner mathematischen Naturphilosophie schon 1822 mit solcher Klarheit und Sicherheit den organischen Naturwissenschaften ihre Aufgabe vorschrieb und aus dem ganzen Zusammenhange des menschlichen Erkenntnissvermögens nachwies, wie diese Aufgabe grade nur diese und keine andere seyn könne, — und wenn wir daneben vergleichen, wie die Empirie in den seitdem verflossenen 22 Jahren so langsam fortgekrochen ist, wie so ganz allmälig in den Arbeiten der ausgezeichneten Forscher von *Joh. Müller* und *Berzelius* bis auf *Valentin* *) und *Mulder* **) immer heller der richtige und allein wissenschaftlich brauchbare Gedanke der mechanischen Erklärung aller körperlichen Gegenwirkungen auftaucht, ohne dass Einer, wozu eben die Empirie für sich nicht gelangen kann, im Stande wäre, den Gedanken ganz deutlich und sicher auszusprechen, consequent durchzuführen und zugleich von jeder materialistischen Verderbniss der geistigen Weltansicht frei zu halten. Werden wir da nicht unabweislich darauf hingeführt, auch in allen naturwissenschaftlichen Bestrebungen beständig die Verbindung mit gesunder Philosophie festzuhalten, um schnell und sicher uns dem Ziele zu nähern, zu welchem jene allein uns die sichersten und kürzesten Wege zeigen kann?

Aber leider hat sich die Repräsentation der philosophischen Wissenschaften auf den gelehrten Schulen so unglücklich gestaltet, dass wir im Allgemeinen weit um 100 Jahre zurückgesetzt sind, dass das ganze durch die ausgezeichnetsten Männer in ernstem Nachdenken erworbene geistige Eigenthum gegen phantasiereiches Geschwätz und arrogantes Absprechen in hohlen Phrasen darangegeben ist und dass man nirgends eine sichere Grundlage auch nur im Allertrivialsten als bekannt und verstanden voraussetzen darf, auf welcher man fortbauen könnte. Wenn ich daher in dieser methodologischen Einleitung den Versuch mache, die Grundsätze der reinen inductiven Methode für die Botanik zu entwickeln, so kann ich es nicht vermeiden, Vieles beizubringen, was der Botanik speciell nicht angehört, ja auch nur den Naturwissenschaften im Allgemeinen ei-

*) Handbuch der Physiologie.

**) Physiologische Chemie. Heidelberg 1844.

Bayerische Staatsbibliothek München

gen wäre. Ich muss vielmehr wenn auch nur skizzirt die Theorie des menschlichen Erkenntnissvermögens berühren, um zu zeigen, welche verschiedene Probleme auftauchen, an welcher Stelle und wie sie zu lösen sind. Hierbei werde ich freilich überall nur andeuten können und muss für alle Ausführung und Begründung auf die ersten Quellen, auf das Studium von *Kant* und *Fries* selbst verweisen. In dieser Beziehung kann ich auch etwaige Angriffe auf meine Darstellung der Sachen nur als Mangel an lauterer Wahrheitsliebe bezeichnen; wer lernen will, mag eben erst die Quellen, aus denen ich nur geschöpft, ergründen und dann urtheilen.

§. 1.

Philosophische Grundlage.

> *Frustra magnum expectatur augmentum in scientiis ex superinductione et insitione novorum super vetera, sed instauratio facienda est ab imis fundamentis, nisi libeat perpetuo circumvolvi in orbe cum exili et quasi contemnendo progressu.*
>
> *Baco von Verulam nov. organ.*

Die dogmatischen Philosophen, insbesondere *Hegel*, gehen in ihren Entwicklungen von einem hübschen runden Satz aus, den sie Gott weiss woher genommen, und möchten gar gern mit ihren daraus abgeleiteten Formeln die Welt aus ihren Angeln heben; sie vergessen dabei nur das Archimedische δός μοι ποῦ στῶ und vermeinen wie *Münchhausen* sich beim eignen Zopf aus dem Sumpf der Unwissenheit herausziehen zu können. Wir, die wir uns Anhänger von *Kant* und *Fries* nennen, haben es nicht so bequem und sehen uns überall nach festem Grunde um, von welchem wir ausgehen können, und finden denselben allein in der unmittelbaren Erkenntniss, die als Thatsache gegeben daliegt. Diese unmittelbare Erkenntniss zergliedern wir und sehen zu, was sie als nothwendig voraussetzt, um vorhanden seyn zu können, und gehen so allmälig immer weiter zurück, bis wir bemerken, dass wir an den Grenzen des menschlichen Wissens angekommen sind. Ein solcher Gang gewährt uns nun ungefähr folgende Uebersicht, wenn wir als Endziel unserer Untersuchungen die Naturwissenschaften und insbesondere die Botanik wählen.

1. Unbestrittene Thatsache ist, dass uns jeden Augenblick die sinnliche Anregung Erkenntnisse zuführt, die wir zunächst als unmittelbare Wahrheit hinnehmen. Wer einen Baum, ein Haus vor sich stehen sieht und dann das Daseyn dieser Gegenstände noch bezweifelt, ist krank oder ein Narr. Die Sinnlichkeit, auf deren Anregung diese Erkenntnisse beruhen, ist aber eine gedoppelte, nämlich die der äussern Sinnesorgane, welche uns die Erkenntniss der Körperwelt zuführen, und die des innern Sinnes, durch welchen wir uns der verschiedenen Zustände unseres Ichs bewusst werden. Jeder Aufmerksame weiss mit unmittelbarer Gewissheit, dass er dieses oder jenes will, dieses oder jenes erkennt, dieses oder jenes mit Lustgefühl anschaut etc.

2. Durch diesen innern Sinn werden wir uns des wechselnden Spiels unserer geistigen Thätigkeiten bewusst und als des Thätigen des Ichs, der Einen und gleichen Vernunft als des Subjects der einzelnen Thätigkeiten. Die einzelnen Thätigkeiten selbst sind aber nur augenblicklich und vorübergehend, als das Andauernde können wir nur das Vermögen zu denselben ansehen.

3. Bei längerer Selbstbetrachtung finden wir aber, dass die einzelnen Acte nicht gleichartig sind, dass viele unter sich ähnlich, aber von andern verschieden erscheinen. Stellen wir nun so allmälig die einzelnen Momente nach Arten, Geschlechtern und so weiter zusammen, etwa so, wie wir es in den beschreibenden Naturwissenschaften thun, so kommen wir zuletzt auf drei grosse Klassen, die wir dreien Grundvermögen als dem Andauernden zuschreiben müssen. Es sind dies: das Erkenntnissvermögen, das Vermögen sich zu interessiren oder Lust und Unlust zu fühlen und das Vermögen der Thatkraft, der Selbstbestimmung, auch häufig, obwohl zu beschränkt, der Wille genannt.

4. Alle jene Vermögen und alle aus ihnen entspringenden Thätigkeiten fallen aber in die eine und gleiche Vernunft und sind daher ihrer Natur nach aufs Engste mit einander verbunden, woraus das Gesetz der Association, der Verbindung der einzelnen Vermögen mit einander und der gegenseitigen Belebung und Anregung der einzelnen Thätigkeiten unter einander entspringt. Aus der Verbindung der einzelnen Grundvermögen unter einander entspringen dann die abgeleiteten Vermögen. Mit Erkenntniss fängt allemal unser geistiges Leben an und entwickelt sich an ihr, in Verbindung mit Lust und Unlust giebt sie uns die Zweckbe-

stimmungen, denen dann die Thatkraft als verständiger Wille alle Thätigkeit unseres Ich unterwerfen soll.

5. So bilden sich denn für die ganze Vernunft wie für jedes einzelne Vermögen drei Stufen der Ausbildung, welche wir mit Sinn, Gewohnheit und Selbstbestimmung oder Verstand bezeichnen. Insbesondere für die Erkenntniss sind diese Stufen folgendermassen charakterisirt.

A. Das erste ist die unmittelbare Erkenntniss in der Sinnesanschauung; diese giebt eine Menge einzelner unverbundener Erkenntnisse.

B. Diese einzelnen Erkenntnisse fallen aber dem Gesetz der Association anheim. So bildet sich aus denselben nach den natürlichen Verbindungen und Bezeichnungen der Gleichzeitigkeit, der unmittelbaren Folge in der Zeit, der häufigen Wiederholung etc. ohne unser Zuthun eine ganze Reihe anderer eigenthümlicher Vorstellungen, die für die weitere Ausbildung unserer Erkenntniss im höchsten Grade wichtig werden, deren genaues genetisches Verständniss also unerlässlich ist. Es zeigt sich uns nämlich bei genauer Untersuchung gar bald, dass die einzelnen Wahrnehmungserkenntnisse, z. B. die Anschauung eines bestimmten Baumes, das Bewusstseyn, dass wir eine Rose wegen ihres lieblichen Geruchs pflücken wollen etc. nicht einfache Vorstellungen, sondern Verbindungen gar mannigfacher einfacher, von den Sinnen uns zugeführter Elemente sind, denen allen auch einfachere Vorstellungen entsprechen. Jene einfachen Elemente beleben sich unter einander, wenn sie öfter in verschiedenen Wahrnehmungen vorkommen, und treten allmälig als gesonderte Vorstellungen vor's Bewusstseyn, ohne Beziehung auf die wirklichen einzelnen Wahrnehmungen, in welchen sie anfänglich verbunden vorkamen, und so entstehen Vorstellungen, welche für sich keine Erkenntnisse mehr sind, aber auf mannigfache Weise gebraucht werden, unsere Erkenntnisse zu bestimmen oder zu erweitern. Man nennt sie im Allgemeinen Schemata oder Abstractionen, weil in ihnen von der Beziehung auf eine wirkliche Erkenntniss abgesehen wird; es sind für sich problematische Vorstellungen, keine Erkenntnisse selbst. Wir müssen hier aber zwei Classen von Abstractionen unterscheiden, nämlich:

a. Wenn aus mehreren einzelnen Wahrnehmungen sich einzelne gleiche Theilvorstellungen unter einander verstärken und so gesondert hervortreten, z. B. das Grüne aus der Wahrnehmung verschiedner grün gefärbter Gegenstände; diese geben uns zunächst Prädicatsbestimmungen, Eigenschaften oder Qualitäten und heissen deshalb qualitative Abstractionen.

b. Wenn von einer einzelnen Wahrnehmung sich nur die Vorstellung der Form des Ganzen, das was sich auf die Verknüpfung der einzelnen einfachen Theilvorstellungen bezieht, hervorhebt und gesondert vors Bewusstseyn tritt. Aus diesen bilden wir dann zunächst die Subjectsvorstellungen; sie umfassen die M e n g e der einzelnen einfachen Vorstellungen, ohne dass diese darin hervortreten, und heissen deshalb quantitative Abstractionen. So entsteht die Darstellung aller Einzelwesen aus der immer unbestimmter werdenden Erinnerung der einzelnen Theilvorstellung, so die Darstellung der mathematischen Körper, Kugel, Cubus u. s. w.

Die Bildung dieser Abstractionen geschieht ganz unwillkürlich nach dem Gesetz der Association; dieses beherrscht aber auch noch weiter dieselben, indem sie mannigfach unter einander sich combiniren und so allmälig einen grossen Kreis eigenthümlicher Vorstellungsspiele hervorrufen. Die Abstractionen bilden sich nämlich nicht nur bei jenen einfachen Wahrnehmungen, wie sie oben als Beispiele angeführt sind, sondern auch aus den Wahrnehmungen der complicirtesten geistigen Thätigkeiten, indem das Gleiche in mehreren derselben allmälig gesondert sich ausscheidet und für sich vor das Bewusstseyn tritt. So bildet sich dann der gewohnheitsmässige niedere Gedankenlauf aus, dessen Spiel beständig in uns rege ist, aber auch jeden Augenblick von neu hinzukommenden Wahrnehmungen modificirt und beherrscht wird, wie es sich z. B. im Traumleben zeigt. Zweierlei ist hier insbesondere nur noch hervorzuheben: 1) dass alle jene Abstractionen ursprünglich wirkliche Theile einer unmittelbaren Erkenntniss ausmachten, und also insofern Wahrheit in sich enthalten; 2) dass sie aber für sich gar keine Erkenntnisse mehr sind, und dass ihre Combinationen nur dann zu Erkenntnissen führen können, wenn dieselben nach Gesetzen bestimmt werden, die von der Art, wie sie aus wirklichen Erkenntnissen entsprungen sind, abgeleitet wurden. Diese Gesetze entwickelt uns die Logik, die von der empirisch aufgefassten Entwicklungsgeschichte unserer Vorstellungen ausgehend nachweist, welche Eigenheiten denselben durch ihre Entstehung ankleben und wie sich daraus die Gesetze, die ihre Wiederverbindung bedingen, ableiten lassen. Schon hier zeigt sich uns, wie die Beziehung auf die Wirklichkeit, auf die unmittelbare Anschauung so wichtig und für alle unsere wissenschaftliche Ausbildung maassgebend bleiben muss.

c. In das unwillkürliche, gewohnheitsmässige Spiel der Associa-

tionen greift nun aber eine Aeusserung des höchsten Vermögens der Vernunft, der Wille, bestimmend ein und erhebt die blos passive, sinnliche Anregung zur Aufmerksamkeit, verstärkt durch diese willkürlich gewisse Vorstellungen oder Vorstellungsreihen, beherrscht endlich die Association der Vorstellungen unter einander, indem er sie zu bestimmten Zwecken mit einander verbindet. So gewinnen wir die Kunst der Selbstbeobachtung, die willkürlichen Abstractionen, die in ihrer Bildung übrigens ganz denselben Gesetzen, wie die natürlichen folgen, und nur schärfer und zweckgemäss an die Stelle der stets schwankenden Schemata die deutlich nach allen Merkmalen erkannten Begriffe setzen, und endlich durch Beides in Verbindung die Kunst des Nachdenkens als höchste Form der Selbstbeobachtung.

6. Verfolgen wir nun auf diese Weise unsere geistigen Thätigkeiten im Erkennen, so werden wir noch auf einen andern Unterschied geführt. Wir sehen gar bald ein, dass die ganze Entwicklung unseres Geisteslebens und somit auch unserer Erkenntniss an die sinnliche Anregung gebunden ist, aber wir finden auch ebenso leicht, dass nicht aller Gehalt unserer Erkenntnisse aus der sinnlichen Anregung entspringe oder entspringen könne. Zwar giebt es keine angebornen Vorstellungen, aber es liegt im Wesen der Vernunft, wie sie im Erdenleben als sinnlich beschränkte und gebundene erscheint, dass sie Alles, was sie erkennt, in ganz bestimmter, ihrer Natur gemässer Weise erkennt und allein zu erkennen vermag. So giebt zunächst die sinnliche Anregung den Gehalt in unserer Erkenntniss; die Erkenntnisskraft dagegen die nothwendige, vernünftige Form. Aber nach den oben entwickelten Gesetzen können uns diese Formen ebenfalls gesondert als Abstractionen zum Bewusstseyn kommen, und somit erhält unsere Erkenntniss abermals einen neuen eigenthümlichen Inhalt. Alle jene Erkenntnisse, welche so sich aus der Form unserer Erkenntnissthätigkeit bilden, die also allen vernünftigen Menschen vor aller Erfahrung bestimmt sind und für alle gleichmässig auf Anerkennung ihrer Gültigkeit Anspruch machen, nennen wir Erkenntnisse *a priori* oder apodiktische. Alles aus der Wahrnehmung Stammende dagegen, was also für den einzelnen Menschen immer zufällig ist und nur für den gültig, der eben diese oder jene Wahrnehmung gemacht, nennen wir Erkenntnisse *a posteriori* oder assertorische Erkenntnisse.

7. Die von der vernünftigen Form unserer Erkenntniss abstrahir-

ten Vorstellungen können aber noch wieder ein verschiedenes Verhältniss zu unserer Erkenntniss zeigen, indem sie uns entweder unmittelbar in der Anschauung zum Bewusstseyn kommen (Formen der reinen Anschauung, Raum und Zeit), oder nur durch das Denken, d. h. durch Hülfe künstlich geleiteter Selbstbeobachtung, uns klar werden. Die ersteren geben uns die mathematischen, die letzteren die philosophischen Erkenntnisse *). Aus der Verbindung dieser beiden Arten von Erkenntnissen in Verbindung mit den Wahrnehmungserkenntnissen gehen alle unsere verschiedenen wissenschaftlichen Disciplinen hervor.

8. Fast jeder Satz, den wir im gemeinen Leben aussprechen, ist schon ein unvollständiges theoretisches Ganze und enthält die drei Elemente der Erkenntniss unter einander verbunden in sich. Durch scharfe Analyse gelangen wir leicht dazu, die einzelnen Theile für sich herauszufinden. Wir bemerken aber auch leicht, dass uns gar keine andern Erkenntnisse möglich sind als solche, die in einem grammatischen Satze ausgesprochen sind oder ausgesprochen werden können. Die Materie ist aber jedesmal aus der Wahrnehmungserkenntniss entnommen oder aus dieser durch Abstraction gebildet, also Erkenntniss *a posteriori* (*Kant's* Gesetz der Immanenz aller menschlichen Erkenntniss). Es bleibt daher für die Erkenntnisse *a priori* nur die Form des Urtheils übrig. Wollen wir also wissen, welcher Erkenntnisse *a priori* die menschliche Vernunft fähig ist, so brauchen wir nur alle möglichen Formen der Ur-

*) Hier ist ein Wendepunkt für jede gesunde Ausbildung der Philosophie. Eine sorgfältige Beobachtung zeigt uns gar leicht, dass Raum und Zeit mit jeder Sinnesanschauung zugleich gegeben sind, aber auch von jeder schon vorausgesetzt werden, dass es eben zur Art und Weise gehört, wie unsere Vernunft erkennt, dass sie Alles, was sie sinnlich erkennt, sogleich unter der Form von Raum und Zeit auffasst, dass aber diese Formen als Formen der Sinnlichkeit Anschauungen und nicht Begriffe sind, dass wohl die Vorstellung von Raum und Zeit eine Abstraction, Raum und Zeit selbst aber anschaulich sind. An der einzelnen Sinnesanschauung werden wir uns der reinen ihr zum Grunde liegenden Anschauung bewusst, aber keineswegs entspringt die reine Anschauung, Raum und Zeit, aus der Sinnesanschauung oder wird von ihr abgeleitet. Wer mit der Selbstbeobachtung noch nicht so weit gekommen ist, diesen Cardinalpunkt, der einfach Thatsache der innern Erfahrung ist, in sich selbst zu finden, der mag vorläufig nur noch auf jede Einsicht in philosophische Untersuchungen verzichten. Eine etwas ausführlichere Bezugnahme auf die reine Anschauung insbesondere in Betreff der figürlichen Synthesis wird weiter unten bei der Lehre vom Sehen gegeben werden.

theile aufzustellen, wie es in der Logik geschieht, und aufzusuchen, welche Erkenntnisse *a priori* diesen Urtheilsformen entsprechen. Die allgemeinen Begriffe, die wir auf diese Weise erhalten, sind dann eben die Kategorien, *Kant's* unsterbliche Entdeckung, durch welche er allem philosophischen Dogmatismus, allen metaphysischen Abenteuren den Boden genommen hat und deren allgemeines Verstandenwerden uns dereinst zum sichern Abschluss in philosophischen Dingen bringen wird. Diese Urtheilsformen und Kategorien sind bekanntlich folgende:

Urtheilsformen.		Kategorien.
	Grösse.	
Einzelne		Einheit
Besondere		Vielheit
Allgemeine		Allheit.
	Beschaffenheit.	
Bejahende		Realität
Verneinende		Verneinung
Unendliche		Beschränkung.
	Verhältniss.	
Kategorische		Wesen und Eigenschaft
Hypothetische		Ursache und Wirkung
Divisive		Gemeinschaft der Theile im Ganzen.
	Modalität.	
Problematische		Möglich und unmöglich
Assertorische		Daseyn und Nichtseyn
Apodiktische		Nothwendig und zufällig.

Für die Ausführung und Begründung dieser Lehre muss ich aber auf *Fries* System der Logik 3te Aufl. (1837) und *Fries* Kritik der Vernunft 2te Aufl. (1828—31) verweisen.

9. Aber noch auf andere Weise zerfallen unsere Erkenntnisse in sehr verschiedene, streng gesonderte Gruppen nach dem Gesetz der Spaltung der Wahrheit. Zunächst liegt unserm ganzen Geistesleben die sinnliche Anregung zum Grunde, die uns anfänglich insbesondere die Kenntniss der Körperwelt zuführt. Auch in der fernern Ausbildung bleibt unsere ganze Erkenntniss des Geistes an körperliche Vermittlungen gebunden und von den äussern Sinnen abhängig. So nimmt die

Körperwelt, deren Kenntniss nur durch die äussern Sinne uns zugeführt wird, einen bedeutenden Theil unseres ganzen geistigen Reichthums in Anspruch. Hier finden wir als das Wesentliche, als Substanz die todte Masse begabt mit Kräften, gebunden unter ausnahmlose Naturgesetze, deren Formen mathematische sind. Dagegen giebt uns nach und nach der innere Sinn von unserm eigenen Geiste Rechenschaft; durch körperliche Wechselwirkung vermittelt treten wir mit fremdem Geistesleben in Gemeinschaft und so entwickelt sich uns eine ganz andere Welt, in der wir nur den selbstständigen und von Naturgesetzen unabhängigen Geist als das Wesentliche, als Substanz anerkennen. Beide Weltansichten sind wegen ihres ganz getrennten Ursprungs wissenschaftlich völlig unvereinbar; der innere Sinn giebt nie von Körperlichem, der äussere Sinn nie von Geistigem unmittelbare Kunde, Geist und Körper bleiben also als zwei unvereinbare Substanzen neben einander und unabhängig von einander stehen. Dazu kommt noch, dass gar bald eine genauere Untersuchung uns zu der Ansicht führt, dass der Körperwelt keine Wesenheit an sich zukommen könne, sondern nur der Geisteswelt. Gleichwohl erkennen wir sie als vorhanden an, gleichwohl erkennen wir nur eine einzige Welt! Dieses Räthsel ist zuerst durch *Kant's* transscendentalen Idealismus gelöst, indem er zeigte, das einzige an sich Seyende ist der Geist. In der Körperwelt erkennen wir nicht das Wesen der Dinge an sich, sondern nur in der beschränkten Weise einer sinnlich gebundenen Vernunft. Was in der Körperwelt dem Wesenhaften an sich widerspricht, ist gerade das, was darin nicht den Dingen, sondern der Form unserer Erkenntniss angehört, nämlich die Auffassung unter den Formen von Raum und Zeit.

10. Wenn wir an diesen Beispielen nun gesehen haben, wie das Zerfallen unserer Erkenntnisse in ganz verschiedene Weltansichten nicht nur möglich, sondern sogar unvermeidlich ist, so können wir im Folgendem kurz die Uebersicht der verschiednen Arten der Auffassung der einen und selben Welt geben, Auffassungen, die fast alle ganz getrennt und unabhängig neben einander stehen, ohne sich gegenseitig zu ergänzen oder auszuschliessen, und jede einzelne zum Theil unvollständig und unvollendbar. Nennen wir die Gesammtheit der Dinge (also auch das Geistesleben), so wie sie der erkennenden Vernunft in Raum und Zeit beschränkt erscheinen, Natur, so erhalten wir zunächst den Hauptgegensatz zwischen natürlichen Weltansichten und Ansichten aus den

Ideen des Absoluten, indem wir uns die aus der Natur der sinnlich gebundenen Vernunft hervorgegangenen Beschränkungen, insbesondere Raum und Zeit als aufgehoben denken.

I. Die natürlichen Weltansichten können

A. die Körperwelt betreffen.

a. Hier ist die nächstliegende unmittelbare Auffassung die morphologische nach den Qualitäten der Sinnesanschauungen in figürlicher Synthesis. Wir nehmen Pflanzen, Thiere, Steine, Weltkörper, Farben und Töne zunächst ganz unbefangen als selbstständige Dinge, die Gestalten sind uns die Wesen und hieraus entwickelte sich bei den Griechen durch *Aristoteles* die Entelechienlehre. Diese ganze Ansicht ist aber rein subjectiv, sie betrifft nur das Verhältniss der Dinge zu erkennenden Geistern, ist unselbstständig und unvollständig.

b. Nach und nach entwickelt sich aus derselben aber eine andere, insbesondere sowie die Wichtigkeit der mathematischen Anschauung und ihrer Herrschaft in aller Naturerkenntniss immer mehr in den Vorgrund tritt. Durch *Baco von Verulam*, der die Aristotelische Entelechienlehre zuerst vernichtete, durch *Galilei*, *Keppler*, *Descartes* und *Newton* bildete sich allmälig die der vorigen ganz entgegenstehende wissenschaftlich vollständige und objective Weltansicht aus, nach welcher die Masse das Wesen ist, in welcher alle subjectiven Verhältnisse aus dem Spiel gelassen werden, also für die Masse nur noch die Beziehung zu Raum und Zeit stehen bleibt. *Fries* nennt dies die hylologische Weltansicht der todten Masse unter den Gesetzen der Bewegung. Sie ist die allein vollständig wissenschaftlich durchzuführende. Ihre vollständige Ausbildung ist das Ziel aller Naturwissenschaften.

B. Ansichten der Geisteswelt.

Hier bildet sich

a. zunächst aus innerer Erfahrung die psychisch anthropologische Weltansicht, die noch eine mehr oder weniger vollständige theoretische Behandlung zulässt;

b. dann die pragmatische, indem wir den Körper in Abhängigkeit vom Geiste erkennen und darnach alles Vorhandene unter die Begriffe von Person und Sache ordnen;

c. die politische, welche die Geistesgemeinschaft durch Sprache in Gesetz und Sitte umfasst.

II. Ueber alle diese dem beschränkten Standpunkte angehörigen natürlichen Weltansichten erheben wir endlich im Glauben die Welt der freien Geister. Diese Weltansicht ist aber gar keiner wissenschaftlichen Ausbildung fähig, weil es ihr an positivem Gehalt fehlt. Ihren Inhalt erhält sie eben nur dadurch, dass wir uns die Schranken unserer Erkenntniss aufgehoben denken. Wie aber dann die Welt beschaffen sey, können wir uns nicht ausdenken, weil wir eben mit allem unserm Denken in dem Kreise sinnlich beschränkter Vernunft befangen bleiben. Jene Welt wird uns daher nur im Glauben gegeben und nur fromme Ahnung macht sie uns zur Wirklichkeit, indem wir durch ästhetische Ideen die Welt der Erscheinungen auf das wahre und ewige Wesen der Dinge deuten.

11. Für meinen gegenwärtigen Zweck hebe ich nun insbesondere noch die natürlichen Ansichten der Körperwelt hervor. Hier müssen wir zunächst festhalten, dass die einzelnen Qualitäten, die uns in der Sinnesempfindung zugeführt werden, unter sich völlig unabhängig sind, insbesondere so weit sie verschiedenen Sinnen angehören. Das Auge hat seine ihm eigenthümliche Welt des Lichts und der Farben, das Ohr der Töne, das Gefühl des Starren und Flüssigen u. s. w., die äussern Sinne im Allgemeinen des Körperlichen, der innere Sinn des Geistigen. Keiner dieser Sinne versteht die Sprache des andern, keine von diesen einzelnen Qualitäten kann erklärend auf die andern bezogen werden, jede steht unabhängig für sich da; insbesondere aber ist festzuhalten, dass, wie ich schon die Farbe nie durch den Ton erklären, das Starre und das Duftende nie in einer Theorie vereinigen kann, noch viel weniger eine solche Ableitung des einen aus dem andern bei Geist und Körper möglich ist, dass keins als Erklärungsgrund für das andere gebraucht werden kann, weil sie, ganz verschiedenen Gebieten angehörig, niemals zusammenkommen, unter sich ihrer Erkenntnissquelle nach ungleichartig sind und die Erklärung irgend einer Thatsache durch eine andere stets die Gleichartigkeit beider voraussetzt. Aber auch nach anderer Seite hin ist die erste und nächste Auffassungsweise der Welt, die morphologische, eine unvollständige und unvollkommene. Sie gilt nämlich nur für die Verhältnisse der Dinge zu mir, dem erkennenden Geiste, und ist daher ganz subjectiv und schon deshalb vollständiger wissenschaftlicher Ausbildung völlig unzugänglich. Nur für mich, den erkennenden Geist, giebt es Geist und Körper neben einander, nicht für die Dinge selbst. Unter

sich sind die Dinge entweder an sich nur Geister oder der Erscheinung nach nur Körper. Für einander sind die Körper nicht grün und roth, nicht tönend oder duftend, sondern nur für den erkennenden Menschen. Für die Körper unter einander, für ihre objective Bestimmung bleibt vielmehr nur das, was ihnen nach Abzug aller Sinnesqualitäten übrig bleibt, da es in der menschlichen Auffassungsweise nicht von ihm getrennt werden kann. Wir behalten hier also nur als Wesen den Stoff, die Materie mit ihrem nothwendigen Prädicat, der Beziehung zu Raum und Zeit. Alle Veränderungen werden zu blossen Veränderungen der Raum- und Zeitverhältnisse der sich immer gleichen todten Masse. Die Einwirkung eines Massentheils auf einen andern kann nur in einer Veränderung seiner Verhältnisse zum Raum, also in Bewirkung von Bewegung bestehen. Insofern in der Masse eine zureichende Ursache für eine solche Wirkung vorhanden ist, schreiben wir ihr Kraft zu, die unabänderliche mathematische Form der Wirkung einer solchen Kraft nennen wir ein Naturgesetz.

12. Sehen wir auf die Zusammensetzung unserer Naturerkenntnisse aus ihren einzelnen Elementen, so finden wir Thatsachen unter Gesetzen stehend und durch dieselben bestimmt. Beide sind aber von verschiedenem Ursprung. Thatsachen giebt uns die Wahrnehmungserkenntniss, das Gesetz aber kann daraus nicht stammen, denn jedes Gesetz, jede Regel macht in seinem Ausspruch auf Allgemeingültigkeit Anspruch. Wahrnehmung kann aber niemals alle Fälle umfassen, niemals Allgemeingültigkeit, Apodikticität, geben, sondern nur höchstens Wahrscheinlichkeit. Das Gesetz muss also andern Ursprungs seyn und so ist es auch. Es entspringt aus der vernünftigen Form unserer Erkenntniss, ist daher auch für sich nur formell und leer und wird erst zur bedeutsamen Erkenntniss, wenn es, auf Thatsachen angewendet, diese bedingt und bestimmt. Es frägt sich aber noch, wie Gesetz und Thatsache zusammenkommen, da beide so ganz verschiednen Ursprung haben. Offenbar giebt es nur ein einziges Gebiet, wo beide ihrer Erkenntnissweise nach gleichartig sind, nämlich in der mathematischen Anschauung. Hier sind die Formen unserer vernünftigen Erkenntniss, also auch die daraus abgeleiteten Gesetze selbst anschaulich, so gut wie die Thatsachen. Hieraus folgt aber, dass vollständige theoretische Erkenntniss, in der wir die Verknüpfung der Thatsachen unter Gesetzen aus diesen erklären,

nur durch Mathematik und nur so weit diese anwendbar ist, möglich wird *).

13. Besteht nun unsere vollständige Naturerkenntniss aus Gesetz und Thatsache, so giebt es für jede Disciplin offenbar zwei Eingänge.

a. Wir können nämlich die Formen unserer vernünftigen Erkenntniss entwickeln und daraus problematisch die möglichen Gesetze ableiten (dieses thut die Naturphilosophie) und dann die so gefundenen Gesetze auf die Thatsachen anwenden, wenn sich die Möglichkeit der Anwendung ergiebt.

Ueberblicken wir die möglichen Kräfte (nach 11.), so können diese zwei einzelne Körper nur einander nähern oder von einander entfernen, also anziehen oder abstossen, sie können dies in der Entfernung oder nur in der Be-

*) Das hier Bemerkte ist die Angel, um welche sich die Kantisch-Friesische Naturphilosophie dreht, weshalb *Fries* dieselbe auch mathematische Naturphilosophie nennt. Auch hier ist durchaus von keiner Hypothese, von keinem willkürlich ersonnenen Princip die Rede. Jeder, der sich rein empirisch mit der Natur des menschlichen Erkenntnissvermögens genauer bekannt gemacht hat, wird einsehen, dass die Sache sich gar nicht anders verhalten könne, dass einer theoretischen, d. h. erklärenden Wissenschaft gar nichts anheim fallen könne, was nicht mathematischer Behandlung fähig sey, und dass alles Uebrige nur Gegenstand der ästhetischen Auffassung unter der Idee des Schönen oder der ethischen Beurtheilung unter der Idee des Guten seyn könne. Der Missbrauch mit der angeblichen Lebenskraft, Clairvoyance und Geisterseherei, die ganze Verderbtheit und Verworrenheit der Schelling'schen und Hegel'schen Physik haben ihren Ursprung im Verkennen der Unmöglichkeit vollständiger theoretischer Wissenschaft ohne Mathematik. Diese allein vollständige hylologische Weltansicht ist aber eben ihrer Vollständigkeit wegen die allerniedrigste. Sie ist nur vollständig, weil sie ganz aus der sinnlichen Beschränkung unserer Vernunft hervorgegangen ist; vollständig nur, weil ihre höchsten Principien, die mathematischen Naturgesetze, wegen ihrer Anschaulichkeit für sich unmittelbar klar sind und gar keine weitere Ableitung fordern, auf keinen höheren Erklärungsgrund hinweisen. Gesetzmässigkeit gehört nicht dem wahren ewigen Wesen der Dinge an, sondern nur unserer menschlich beschränkten Auffassungsweise, von der wir als Menschen eben uns niemals lossagen können, und deshalb ist die Annahme von Wundern, d. h. ein Freies Handeln göttlicher Allmacht nach Sprengung der Naturgesetze ein völliges Unding, da wir als Menschen durchaus unfähig sind, ein Wunder der Art als solches nur zu erkennen. Für eine ewige Vernunft giebt es keine Naturgesetze und daher kein Wider-dieselben oder Ausser-ihnen. Für die menschliche Vernunft ist Alles, was geschieht, eben ihrer menschlichen Auffassungsweise wegen unter Naturgesetze gebannt, und ein angebliches Wunder hat höchstens das triviale Interesse des unerklärten Taschenspielerkunststücks.

rührung thun, sie können allseitig, oder der Fläche nach, oder linear wirken. Unter allen Fällen ist einer der einfachsten offenbar die allseitige Anziehung in der Ferne. Da hier sich die Wirkung der Kraft nach Kugelflächen ausbreitet, so muss sich ihre Wirkung in verschiednen Entfernungen umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen verhalten. Wenden wir dieses *a priori* abgeleitete Gesetz auf die wirklichen Körper an, so zeigt sich, dass wir die allgemeine Gravitation abgeleitet haben und aus der Erfahrung nur noch das bestimmte Maass der anziehenden Kraft zu bestimmen übrig bleibt.

5. Der andere Eingang ist nun von Seite der Thatsachen her. Hier beginnt unsere Erkenntniss mit der morphologischen Weltansicht und erst allmälig finden wir uns zur hylologischen durch (nach 10. *I. A. a., b.*). Wir fassen zunächst die einzelnen Thatsachen auf, analysiren sie und erforschen die Bedingungen, unter denen sie stehen, lassen uns von diesen zu höhern allgemeinen und einfachen Bedingungen leiten und schreiten so fort, bis wir abermals bei irgend einem einfachen *a priori* bestimmbaren Gesetz, also an der Grenze menschlicher Erkenntniss angekommen sind. Dies letztere ist das inductive Verfahren, dem naturphilosophischen grade entgegengesetzt.

Von der sichern Feststellung der Thatsachen ausgehend erhalten wir hier etwa folgende immer mehr der Wissenschaft sich nähernde Stufen:

1. Systematische Naturbeschreibung.
2. Teleologische Naturbetrachtung.
3. Combinirende Beobachtung.
4. Theoretisches Experimentiren.
5. Mathematische Theorie.

Das Gesetz für sich, als blosse Form der Erkenntniss, ist leer und giebt sich den Gehalt, die Thatsache, nicht selbst; wir können also auch mit der naturphilosophischen Entwicklung nie bis zur Thatsache kommen und ohnehin nur so weit vorschreiten, als die jeweilige Ausbildung der mathematischen Wissenschaften uns eine Entwicklung ins Einzelne erlaubt. Hier fehlen uns aber noch für alle Fälle mit Ausnahme der oben (12.) angeführten die mathematischen Constructionen. So einfach und für sich klar die ersten Anfänge, die Ausgangspunkte unserer mathematischen Erkenntnisse sind, so verwickelt werden sie leicht durch die weitern Combinationen und es werden hier immer künstlichere Methoden nöthig,

um uns die anschauliche Zusammenfassung dieser Verwicklungen möglich zu machen. Wir würden daher oft für Jahrhunderte an jeder weitern Ausbildung der Wissenschaften gehindert seyn, wenn uns nicht daneben der zweite Weg offen stände, auf welchem wir von den einzelnen Thatsachen, in denen die Combinationen der Elemente zu gross sind, als dass die gegenwärtige Ausbildung der Mathematik sie umfassen könnte, uns rückwärts zu den allgemeinen Gesetzen, unter denen sie stehen, zu erheben suchen. Für alle gehaltreiche Ausbildung der Wissenschaft sehen wir uns daher an die inductive Methode gewiesen und haben hier im Einzelnen den weitesten Weg von der morphologischen Weltansicht bis zur naturphilosophischen Vollendung der Theorie zurückzulegen. Fast alle Disciplinen mit Ausnahme der reinen Bewegungslehre stehen hier noch sehr im Anfang ihrer Ausbildung, und die *a priori* entwickelten naturphilosophischen Gesetze geben uns für die meisten Fälle nur leitende Maximen, Regeln, nach denen wir im Fortschritt die Zulässigkeit der Hypothesen beurtheilen, oder die Methoden bestimmen können, indem jene uns das Endziel, die reine und höchste Aufgabe aller Naturwissenschaften nennen.

14. Die Anwendung der allgemeinen Begriffe *a priori* auf die Erkenntniss ist nur möglich durch ihre Verbindung mit einer anschaulichen Vorstellung (Schema, schematisirte Kategorien). Die Verbindung ergiebt sich als eine ursprüngliche Thätigkeit der Vernunft. So ist z. B. Veränderung eines Zustandes eine anschauliche Vorstellung, welche sich mit den Kategorien von Ursache und Wirkung verbindet. Suchen wir nun die allgemeinsten anschaulichen Vorstellungen auf, so finden wir als solche die mathematischen und unter diesen die Zeitbestimmungen nach folgender Uebersicht:

Grösse	Beschaffenheit
Zahl.	Grad.
Verhältniss	Modalität
Andauer in der Zeit (Beharrlichkeit).	Seyn zu irgend einer Zeit.
Zeitfolge (Veränderung).	Seyn zu einer bestimmten Zeit.
Gleichzeitigkeit.	Seyn zu aller Zeit.

Verbinden wir diese mit den Kategorien und sprechen diese Verbindung als Regel aus, so erhalten wir in der letztern die allgemeinsten Gesetze, unter denen alle Natur stehen muss, die Bedingungen für die

Möglichkeit einer Erfahrung. Im weitern Fortschritt werden dann diese Kategorien durch die Anschauung immer specieller schematisirt und wir dadurch zu immer specielleren metaphysischen Gesetzen geführt. So erhalten wir denn ein System der metaphysischen Naturerkenntniss, welches uns die Regulative für alle unsere Naturerkenntnisse giebt.

15. Von diesem Systeme will ich hier nur einige der wichtigsten Punkte hervorheben und verweise für die vollständige Entwicklung desselben auf *Fries* System der Metaphysik (1824).

Zunächst bestimmen wir hier Aufgabe, Methode und Beurtheilung aller naturwissenschaftlichen Disciplinen. Die allgemeinste Aufgabe ist, die morphologische Weltansicht durch die allein wissenschaftlich vollständige, die hylologische, zu ersetzen, also „allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegung durch Gegenwirkung der Massen in der Ferne oder in der Berührung zurückzuführen."

Die Methoden dazu sind zweifach:

1) Die theoretische Entwicklung aus constitutiven Principien. Diese führt uns unmittelbar in die hylologische Weltansicht. Hier haben wir als Wesen*) die Masse, als Eigenschaften ihre Zustände in Ruhe und Bewegung, als Regeln die mathematischen Gesetze der Bewegung.

2) Die inductive Methode. Diese geht von der morphologischen Weltansicht aus. In ihr haben wir aber als Wesen die Gestalten unter Artbegriffen**), als Eigenschaften die unendliche Mannigfaltigkeit der veränderlichen Qualitäten, die in ihrer verschiedenen Verbindung und Aufeinanderfolge das Daseyn und die Entwicklungsgeschichte der Indi-

*) Nach folgender Ableitung: Wesen ist, was wir uns nur im Subject des kategorischen Urtheils denken können. Wir können aber nur im Subject des kategorischen Urtheils allein das denken, was in der Zeit beharrt, also die Masse. Gesetz der Beharrlichkeit der Substanz.

**) Nach ähnlicher Ableitung wie in der vorigen Anmerkung könnten wir in der morphologischen Weltansicht auf die Arten als das allein Beharrende geführt werden. Dem Gesetz der Beharrlichkeit der Substanz in der hylologischen Weltansicht entspräche dann in der morphologischen Weltansicht das Gesetz der Specification, d. h. Gegenstände unserer wissenschaftlichen Erkenntniss können nur discret neben einander liegende, in der Zeit andauernde Arten seyn. Diese sind Producte bestimmter Bildungstriebe, und die nächste wissenschaftliche Aufgabe in der morphologischen Weltansicht ist also vollständige Specification aller Bildungstriebe. Nur ist hier nicht ausser Acht zu lassen, dass der Art als Begriff und dem Gesetz des Bildungstriebes als Form eigentlich keine Wesenheit zukommt.

viduen bedingen, als nächste Regeln, unter welchen die Arten stehen, die specifischen Bildungstriebe.

16. Vom Uebrigen hebe ich Folgendes hervor:

1) Gesetz der Stetigkeit. Jeder Gegenstand der Anschauung ist eine stetige Grösse, in der kein Theil der kleinste ist. Jeder Gegenstand der Anschauung ist es nur dadurch, dass er den Raum erfüllt, er muss also eben so wie der Raum ins Unendliche theilbar seyn. (Abweisung jeder atomistischen Hypothese.)

2) Gesetz der Bewirkung. Jede Veränderung ist nothwendige Wirkung einer Ursache und jedes Wesen beharrt in seinem Zustand, bis dieser durch Ursachen verändert wird. (Abweisung jedes Mysticismus, welcher anthropopathisch Selbstbestimmung in die Natur einführt.)

3) Grundsatz der Verknüpfung. In der Natur ist Alles durch nothwendige (wesenlose) Gesetze verbunden. Es herrscht also ein wesenloses Schicksal, keine nach Zwecken wirkende Intelligenz in der Natur. (Abweisung aller teleologischen Erklärungsgründe für vollendete Naturwissenschaft.)

17. Die Fortleitung dieser Betrachtungen führt uns dann in gedoppelter Weise weiter:

a. Wir erhalten in Phoronomie, Dynamik und Mechanik eine naturphilosophische Lehre, aus der wir die höchsten constitutiven Principien für die hylologische Weltansicht entnehmen.

b. Dieselben können wir in den inductiven Wissenschaften, so weit die morphologische Weltansicht noch vorherrscht, nur als Regulative anwenden, daneben aber erhalten wir dann noch in der Stöchiologie und Morphologie naturphilosophische Principien für die Entwicklung der morphologischen Weltansicht, die uns insbesondere als heuristische Maximen für die Ueberführung derselben in die hylologische Weltansicht gelten.

18. In weiterer Anwendung der Metaphysik der Natur auf rein anschauliche Vorstellungen erhalten wir zunächst eine Lehre von den nothwendigen allgemeinen Gesetzen der Bewegung, Phoronomie, deren Hauptgrundsatz ist:

Das Gesetz der Relativität aller Bewegung. Jede Bewegung eines Körpers bezieht sich nur auf sein Verhältniss zu andern Körpern, also auf den relativen Raum, der durch sie bestimmt wird, und ich kann die Bewegung ebensowohl dem Körper, als dem relativen Raume in entgegengesetzter Richtung beilegen.

Als wichtigste Folge davon ergiebt sich das sogenannte Parallelogramm der Kräfte.

Hierüber ist *Fries* Versuch einer mathematischen Naturphilosophie 1822 zu vergleichen.

19. Durch Anwendung der metaphysischen Grundbegriffe auf die Phoronomie erhalten wir eine Dynamik, indem wir die in der Materie liegende zulängliche Ursache der Bewirkung oder Veränderung einer Bewegung als Grundkraft dieser Materie beilegen. Folgendes sind die leitenden Gedanken:

Materie ist das Gegenwärtige im Raum, sie erfüllt denselben, d. *h.* sie leistet jedem Beweglichen, was in ihn einzudringen versucht, Widerstand. Bewegung kann nach phoronomischen Grundsätzen aber nur durch eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung aufgehoben werden, also erfüllt die Materie den Raum nur mittelst einer besondern bewegenden Kraft. Von diesem Eingang aus werden wir zunächst zu einer zurückstossenden Kraft in der Berührung zu einer anziehenden in die Ferne geführt und finden so, dass überhaupt aller Materie wesentliche Grundkräfte als ursprüngliche Eigenschaften zukommen müssen. Die naturphilosophische Bestimmung der Wirkung dieser Grundkräfte ist die Dynamik.

Hierher gehört dann

a. das Gesetz, dass allseitig in die Ferne anziehende Kräfte im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernungen abnehmen (Newton'sches Gravitationsgesetz);

b. dass ursprüngliche Flächenkräfte im graden Verhältniss der Dichtigkeit ihrer Massen, also im umgekehrten Verhältniss des Volumens derselben wirken (Mariotte'sches Gesetz).

20. Endlich bestimmt uns die Anwendung der allgemeinsten Naturgesetze auf die empirisch gegebene Raumwelt noch eine Gesetzgebung, die allgemeine Mechanik. Hierher gehören folgende Gesetze:

a. Cartesisches Gesetz der Grösse der Bewegung: die Grösse der Bewegung wird gemessen durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit.

b. Gesetz der Beharrlichkeit von Masse und Kraft: bei allen Veränderungen der körperlichen Natur bleiben die Quantität der Materie und ihre Grundkräfte unveränderlich. Werden wir daher inductorisch zur Annahme einer Kraft geführt, die veränderlich ist, so haben

wir es noch mit keiner Grundkraft zu thun. (Abweisung der Hypothese von einer Lebenskraft als Grundkraft gewisser Materie).

c. Das Gesetz der Trägheit: alle Veränderung in der Materie hat eine äussere Ursache.

d. Gesetz der Gleichheit der Wirkung und Gegenwirkung. In allen unmittelbaren Gegenwirkungen zwischen zwei Massen erhält jede gleiche Quantität der Bewegung, aber die eine in entgegengesetzter Richtung als die andere. Dieses Gesetz gilt nur für die unmittelbare Wirkung der Grundkräfte und unterscheidet dynamische von mechanischen Gegenwirkungen, aber nicht etwa die organische von der unorganischen Natur. (Abweisung von *Link's* verworrener Auffassung in seinen *Elem. phil. bot. ed. alt. p.* 5 *f.*)

21. Aus der Anwendung der metaphysischen Grundbegriffe und Grundsätze auf die morphologische Weltansicht entwickelt sich uns naturphilosophisch die Stöchiologie und Morphologie. Hier wird uns Folgendes wichtig: die Massen treten zunächst nach der verschiedenen Beschaffenheit und dem verschiedenen Verhalten ihrer Grundkräfte nach Arten auseinander; diese Arten der Masse nennen wir Stoffe, die nicht wieder aus andern Stoffen zusammengesetzten wirkliche Grundstoffe oder Elemente, die, deren Zerlegung in Grundstoffe noch nicht gelungen ist, empirische Elemente (die bekannten 55 Elemente der Chemie).

Die Stoffe erscheinen dann unter verschiedenen Formen der Zusammensetzung der Theile einer Masse, die Aggregationsformen des Starren und Flüssigen. Das Flüssige theilt sich weiter ein in das tropfbar Flüssige, das elastisch Flüssige (Gasförmige) und strahlend Flüssige *). Unter allen diesen ist nur die Erklärung der Gasform unmittelbar in der Ausdehnungskraft schwerer Massen gegeben. Alle andern erfordern besondere Erklärungsgründe.

Durch die Grundkräfte der Materie in den verschiedenen Stoffen und durch die Formen der Aggregation sind die Formen der Wechselwirkung in der Körperwelt bedingt. Hier ist nur Folgendes hervorzuheben: Die Gravitation z. B. beherrscht mit ewiger Gesetzmässigkeit das Bestehen des ganzen Himmelsbaues. Aber sie erklärt eben nur das Bestehen desselben unter der Voraussetzung eines rein geome-

*) Diese Form fällt vielleicht durch die Undulationshypothese mit der vorigen zusammen.

trischen Verhältnisses zum Raume, indem wohl die Fortdauer der Bewegungen in Kegelschnitten, aber nicht die Tangentialbewegung, also die Möglichkeit der Entstehung der Bahnen durch sie gegeben ist. Dieses macht uns auf die unvermeidliche Unvollständigkeit unserer Naturerkenntniss, welche aus der endlichen Eingrenzung derselben in die Unendlichkeit der Zeit und des Raums hervorgeht, aufmerksam, indem neben aller Gesetzlichkeit im Ablauf der Erscheinungen immer die Zufälligkeit der mathematischen Zusammensetzung stehen bleibt, die von der Wirkung der Grundkräfte ganz unabhängig ist. Die daraus hervorgehenden Verhältnisse, z. B. die Zahl der Planeten unseres Sonnensystems, die Reihe der Planetenabstände, die Neigungen ihrer Bahnen sind nun das eigentlich Specificirende in den Naturprocessen, und in ihrer Verbindung mit den Grundkräften nennen wir daher zum Unterschiede von den letztern diese ganzen Formen der Wechselwirkung Naturtriebe. Die mathematische Construction der Hauptarten der Naturtriebe wäre also hier eigentlich die Aufgabe der Naturphilosophie. Wir dürfen nämlich niemals als Erklärungsgrund eines Naturprocesses unmittelbar einen besondern Stoff oder eine besondere Kraft voraussetzen, sondern nur einen Naturtrieb, der sich aus einem mathematischen Gesetz der Grundkräfte und einem geometrischen Verhältniss der bewegten Massen zum Raum ableiten lässt. Wir können hier wieder die Formen möglicher Naturprocesse anticipiren *).

a. Gravitationsprocesse. Processe unter der Herrschaft anziehender Kräfte in die Ferne. Mechanik des Himmels, allein unter allen physikalischen Aufgaben vollständig gelöst.

b. Undulationsprocesse unter der Herrschaft zurückstossender Kräfte in der Berührung. Akustik, Optik, Wärme (?).

c. Polarisationsprocesse unter der Herrschaft zurückstossender Kräfte in die Ferne. Elektricität und Magnetismus.

d. Neutralisationsprocesse. Processe der Mischung und Ausscheidung unter der Vorherrschaft anziehender Kräfte in der Berührung. Hier haben wir insbesondere der unnützen und schwerfälligen Hypothese der Atomistik entgegen zu treten. Absolute Undurchdringlichkeit der Materie ist ein freilich schwer auszurottendes Vorurtheil,

*) Ich verdanke gar vieles in der Naturphilosophie und insbesondere die folgende Uebersicht den scharfsinnigen Untersuchungen meines Freundes *Apelt.*

welches dieser grossen Verirrung der Naturwissenschaft zum Grunde liegt und nur deshalb so festgehalten wird, weil so selten Jemand vollkommene innere Consequenz sich zur Aufgabe macht, geschweige denn erreicht. Folgendes mag dazu dienen, das völlig Unhaltbare dieser ganzen Anschauungsweise klar zu machen. Lassen wir uns zunächst auf die Hypothese selbst ein und legen die neuere Chemie zu Grunde, so finden wir alle chemische Verbindung aus der Aneinanderlagerung der als absolut hart und undurchdringlich geschilderten Atome erklärt. Zugleich aber wird angegeben, dass sich 1 Atom Quecksilbergas und 1 Atom Chlor- oder Bromgas zu 1 Atom Quecksilberchlorid- oder Bromidgas und 1 Volumen Quecksilbergas und 1 Volumen Chlor- oder Bromgas zu 1 Volumen Quecksilberchlorid- oder Bromidgas verbinden. Das sind aber eben nach der Atomistik ganz unmögliche Verbindungen, denn 1 Atom + 1 Atom sind 2 Atomvolumina und diese können unmöglich zu 1 Atomvolumen sich verbinden, wenn sich die Atome nicht durchdringen. Aber auch von anderer Seite her ist die ganze atomistische Chemie leicht zu widerlegen. Nach optischen Gesetzen muss jedes Gemenge ungleichartiger Stoffe um so undurchsichtiger seyn, je kleiner die Partikelchen sind, aus denen es besteht. Nun wäre aber jede chemische Verbindung nach der atomistischen Hypothese nur ein mechanisches Gemenge verschiedenartiger Stoffe, wobei die gleichfalls unhaltbare Hypothese der bestimmten Anordnung der einzelnen Theile und die Verhältnissmässigkeit der Massen hierbei in Bezug auf das Licht nicht in Betracht kommt. Nun ist aber eine Auflösung von Bleioxyd in Salpetersäure, eine Verbindung von Schwefelsäure mit Natron u. s. w. vollkommen durchsichtig, sie muss also auch vollkommen homogen seyn und kann in keinem ihrer kleinsten Theile Blei und Sauerstoff, oder Schwefel und Natrium neben einander gelagert enthalten. Für die flüssigen Verbindungen widerspricht endlich noch das Gesetz der Schwere der atomistischen Hypothese; aus jedem solchen Gemenge ungleicher Theilchen müssten sich mit der Zeit unausbleiblich die schwereren zu Boden senken und so die Verbindung auflösen.

Wir müssen also die Begriffe hier so bestimmen:

A. Gemenge ist eine Verbindung ungleichartiger Stoffe, in welcher ungleichartige Theile neben einander liegen.

B. Mischung ist eine Verbindung ungleichartiger Stoffe, in welcher durchaus nichts Ungleichartiges neben einander ist.

Was nicht neben einander und doch wirklich verbunden ist, muss in einander gedacht werden. Mischung besteht also in der gegenseitigen Durchdringung beider Stoffe und es zeigt sich, dass Undurchdringlichkeit nicht eine allgemeine Eigenschaft der Materie ist *) noch seyn kann, sondern nur da stattfindet, wo eben keine mischenden Kräfte (anziehende Kräfte in der Berührung) wirksam sind.

Die Mischungen unterscheiden sich dann aber wieder nach folgenden Verhältnissen:

1. Mischungen ohne bestimmtes Mengenverhältniss beider Stoffe = Mischungen im engern Sinne, z. B. Wasser und Alkohol.

2. Mischungen mit bestimmtem relativen Mengenverhältniss (*Maximum*) für den einen der Stoffe = Auflösungen, z. B. 1 Theil Wasser mit höchstens $\frac{37}{100}$ Kochsalz, 1 Theil thierischer oder pflanzlicher Membran mit höchstens x Theilen Wasser.

3. Mischungen mit bestimmtem absoluten Mengenverhältnissen beider Stoffe = chemische Verbindungen im engern Sinne des Worts, z. B. 142 Theile Stickstoff mit 80 oder 160 oder 240 oder 400 Theilen Sauerstoff.

Bei allen Mischungen und Trennungen sind es aber nicht die mischenden Kräfte allein, welche concurriren, sondern es treten dabei zugleich immer alle übrigen Kräfte der Stoffe in gegenseitige Wechselwirkung und deshalb sind wir aus der blossen Erkenntniss der mischenden Kräfte und ihrer Wirkungen noch nicht zum kleinsten Theil über die Natur der aus der Mischung hervorgehenden Stoffe aufgeklärt.

e. Morphologische Processe. Hier bleibt uns zur Zeit noch völlig verborgen, welche Grundkräfte diese Processe beherrschen, und wenn auch aus den Erscheinungen an Krystallen und aus der elektrischen Spannung zwischen zwei zu einer ächten chemischen Verbindung zusammentretenden Stoffen sehr wahrscheinlich wird, dass Polarisationsprocesse, also abstossende Kräfte in die Ferne zu Grunde liegen, so sind hier doch sicher auch eigenthümliche Combinationen der Grundkräfte noch modificirt durch die Verhältnisse der Stoffe, in denen sie wirksam sind, vorhanden. Diese uns noch unbekannten Combinationen der Grundkräfte, deren Wirkungen die Gestalten sind, bezeichnen wir mit

*) Wie wahrscheinlich auch aus dem Verhältniss der Himmelskörper zum Lichtäther sich ableiten lässt.

dem Worte „Bildungstriebe", für welche weiter unten noch die speciellen Bemerkungen zu geben sind.

§. 2.

Erörterungen über Gegenstand und Aufgabe der Botanik.

Nichts ist geist- und gehaltloser, als der Beginn einer naturwissenschaftlichen Disciplin mit einer saubern Definition der Wissenschaft und ihres Gegenstandes. Das scholastische Vorurtheil für die Herrschaft der Logik, das dogmatische Vorurtheil für systematische Vollständigkeit und Vergliederung haben leider diesen Fehler fast stereotypirt und er wird nicht so schnell sich ausmerzen lassen. Die Fehlerhaftigkeit ist leicht klar zu machen, die Disciplinen selbst haben gar keine innere, aus der Gleichartigkeit der darin enthaltenen Kenntnisse hervorgegangene Einheit, sondern nur eine äussere, von dem Gegenstande hergenommene, und es heisst daher gewöhnlich mit ergötzlicher Trivialität: „Botanik ist die Wissenschaft von den Pflanzen", wodurch die Einsicht des Schülers natürlich wesentlich gefördert wird; wenn er auch von der Sache nichts erfährt, lernt er doch die deutsche Uebersetzung des griechischen Worts. Den Gegenstand der Botanik oder einer andern Disciplin zu definiren ist aber ebenfalls unthunlich, denn die Aufgabe ist eben die vollständige Erkenntniss des Gegenstandes, also die Möglichkeit einer Definition. Eine Definition würde also die Lösung der Aufgabe anticipiren. Die Folge dieser Anticipation ist dann die allen gesunden logischen Grundlagen Hohn sprechende Verwirrung der Begriffe und die selbst in neuester Zeit wieder auftauchende Behauptung, dass derselbe Naturkörper bald Thier bald Pflanze seyn könne, was sich freilich leicht erweisen lässt, wenn man nur von der gehörig zusammengeflickten Definition ausgeht.

Das reine inductive Verfahren muss dagegen von vorn herein auf eine Definition des Gegenstandes einer naturwissenschaftlichen Disciplin verzichten. Kein Physiker ist ein solcher Thor, von der Definition des Lichts, des Magnetismus, der Elektricität u. s. w. auszugehen. Er beginnt vielmehr mit den unmittelbar gewissen Thatsachen und sieht es für seine höchste Aufgabe an, von ihnen sich allmälig zu einer genauen Kenntniss der Natur des Lichts zu erheben, wobei er sich es ruhig ge-

4*

fallen lässt, wenn Bauer und Bürger ihn vielleicht auslachen, dass er nicht einmal wisse, was Licht sey. Bei den andern Disciplinen ist's aber um nichts anders. Jedermann glaubt recht gut zu wissen, was ein Stein, ein Thier, eine Pflanze sey. Der gebildete Naturforscher sieht aber darin nur die Schemata der productiven Einbildungskraft, die in völlig schwankenden Umrissen jedem Einzelnen nach dem Umfang seiner Erfahrung in anderer Zeichnung vorschweben, er weiss, dass, um völlig richtig und deutlich die Begriffe dieser Naturkörper hinzustellen, er noch den weitesten Weg vor sich hat, und dass eben die Aufgabe der allmäligen Ausbildung des Schema's zum deutlichen Begriff sein Thun und Treiben von dem Wissen des kenntnissreichen Laien unterscheidet; er weiss endlich aus einer genauen Kenntniss der Geschichte der Wissenschaft, dass es lange Zeit, genaue Beobachtung, oft glückliche Zufälle und den Scharfsinn der ausgezeichnetsten Köpfe erfordert hat, um selbst nur die allerrohesten Grenzlinien ziehen zu können. Ist's denn etwa so lange her, dass man sich noch darüber stritt, ob die Polypen Steine oder Pflanzen seyen; seit wie vielen Jahren steht denn *Corallina* nicht mehr unter den Thieren; ist denn der Streit über die Natur der Spongien und Spongillen schon so ganz und gar geschlichtet? Wenn das aber bei grossen, leicht zu beobachtenden Naturkörpern geschieht, so ist leicht zu ermessen, wie viele Jahre und vielleicht Jahrhunderte noch darüber hingehen werden, bis wir bei den kleineren einfacheren und schwerer zu beobachtenden Organismen genügend scharfe Grenzlinien zwischen Pflanzen und Thieren ziehen können.

1. Der vorige Paragraph gewährte in einer flüchtigen Skizze einen Ueberblick über die so sehr verschiedenen Elemente der menschlichen Erkenntniss; danach müssen wir uns orientiren, wenn wir die Natur der Botanik als besonderer Disciplin erfassen wollen. Sie gehört daher den Naturwissenschaften aus körperlicher Weltansicht an, und da ihr Gegenstand das Product eines Bildungstriebes ist, so muss sie ganz von der morphologischen Weltansicht beginnen und kann sich nur allmälig zur hylologischen erheben. Ihre Methode ist also ausschliesslich die inductive. Es fehlt uns hier also an naturphilosophischen Grundbegriffen und constitutiven Principien, von denen wir ausgehen könnten. Die morphologische Weltansicht bewegt sich aber in den subjectiven Bildern und Schematen. Das nächste Erforderniss wird also hier seyn, dass wir uns orientiren und über die Gegenstände, von denen wir reden, verständigen.

Das kann nicht durch Definitionen und Eintheilungen nach logischem Fachwerk geschehen, sondern nur durch gehaltvolle Expositionen, durch lebendige Erörterungen über die Gegenstände unserer Thätigkeit, die nicht den Begriff abschliessen und den Geist fesseln, sondern nur einen festen Ausgangspunkt bestimmen und den Gedanken wecken wollen. Hier ist es also am Orte, einen genauen Ueberblick über die grösseren Gruppen von Bildungstrieben uns zu verschaffen, um vorläufig uns willkürliche Grenzen zu ziehen, zur Sicherung gegen Verwirrung der Begriffe; ohne damit zu behaupten, dass diese Grenzen bei dem Fortschritt oder der Vollendung der Wissenschaft dieselben bleiben müssten.

2. Unter die allgemeinste naturwissenschaftliche Aufgabe, allen Wechsel der Erscheinungen auf Bewegungen zurückzuführen und nach mathematischen Gesetzen aus Grundkräften der Anziehung und Abstossung zu erklären, fällt auch die Construction des Bildungstriebes. Von der Lösung dieser Aufgabe sind wir noch so weit entfernt, wie man von der Construction der Gravitationsprocesse vor *Newton*, vielleicht selbst vor *Keppler* entfernt war. Das thut aber der Richtigkeit der Aufgabe keinen Abbruch. Am nächsten wird und muss diese Aufgabe bei den Krystallen gelöst werden, und dass zwischen diesen und den sogenannten Organismen kein absoluter Gegensatz sey, sondern nur ein gradweiser Unterschied zwischen analogen Naturprocessen, hat uns *Schwann* mit eminentem Scharfsinn inductorisch entwickelt.

Es ist allgemeines Naturgesetz (d. h. überall bestätigte Erfahrung), dass sich die Gestalt als das relativ Feste nur aus dem Flüssigen bildet. Theoretisch liesse sich dieses Gesetz so ableiten: Bildung einer Gestalt ist Bewegung der einzelnen Theilchen einer Materie bis an eine gewisse Stelle. Der flüssige Zustand ist aber der einzige, bei welchem ohne Aufhebung des Zusammenhangs die Beweglichkeit der einzelnen Theile im höchst möglichen Grade vorhanden ist, also ist Gestaltbildung nur im Flüssigen möglich. Wir können hier als den allgemeinsten Theilungsgrund aufstellen, dass die Gestalt bei ihrer Entstehung die Mutterlauge, wenn wir mit diesem passenden der Chemie entlehnten Worte ganz allgemein die aus sich Gestalten bildende Flüssigkeit bezeichnen, ich sage — dass die Gestalt die Mutterlauge entweder ausschliesst oder einschliesst. Ich muss hier noch bemerken, dass die bildende Kraft nur in der Materie, in der Flüssigkeit liegen kann, denn Kraft ohne Substrat ist ein unzulässiger Begriff. Nicht die Gestalt bildet sich, wie es so oft falsch ausge-

drückt wird, sondern die Flüssigkeit bildet sie. Die bildende Thätigkeit kann nicht als Aeusserung der schon der Idee nach vorhandenen Gestalt, etwa in Art der Aristotelischen Entelechie, angesehen werden, sonst käme es nie zur Gestalt, da eine gesunde Philosophie sich keine Thätigkeit eines Dinges, das nicht existirt, vorstellen kann, diese Thätigkeit aber vor dem Erscheinen jeder Spur von Gestalt schon da seyn muss, weil es sonst auch nicht einmal zu jener Spur von Gestalt käme.

In dem ersten der angeführten Fälle, wenn nämlich die Gestalt die Mutterlauge ausschliesst, ist die Gestalt (das Feste) homogen, eine Differenz zwischen Innerm und Aeusserm ist nicht gegeben und daher eine Wechselwirkung zwischen Innerm und Aeusserm vermittelt durch die Gestalt unmöglich. Die Natur macht hier den ersten Versuch zur Gestaltung, es ist die niedrigste Stufe der bildenden Thätigkeit. Die bildende Kraft bleibt hier lediglich ein Aeusseres, von allen Seiten her Wirkendes und durch keine Einwirkung von Innen heraus Bedingtes, somit ist aber auch das Verhältniss einer Fläche zu einer gleichförmig von einem Punkte aus wirkenden Kraft, also die gebogene Fläche ausgeschlossen. Das Geschöpf ist einzig und allein nach wie vor den unmodificirten mathematischen, physikalischen und chemischen Gesetzen unterworfen. Das Gebilde steht zu seiner Mutterlauge in keiner nothwendigen, sondern in einer zufälligen blos äusserlichen Beziehung und entfernt von derselben hört jede Wechselwirkung mit ihr, also auch jede Fortbildung auf. Es ist die Natur des Krystalls, die ich hier schildere.

Der zweite Fall war der, wo die Gestalt die Mutterlauge einschliesst. Hier bezieht sich sogleich die ganze Bildung auf ein Inneres, auf einen Punkt, der nach allen Seiten auf die Entstehung der Gestalt einwirkt, wodurch eben bei gleichförmiger Einwirkung eines Punkts auf eine Ebene die, alle sogenannten organischen Körper charakterisirende, gebogene Fläche bedingt werden mag. Wir wollen diese einfache Gestalt, wo das relativ Feste einen Theil der Mutterlauge umschliesst, im Allgemeinen eine Zelle nennen. Hier finden wir gleich als wesentliches Element die Differenz zwischen Inhalt und Gestalt, also zwei mit Nothwendigkeit gegebene Factoren gegenseitiger Wechselwirkung. Es liesse sich nun freilich der Fall denken, dass das *Continens*, die Zelle, ein absoluter Isolator zwischen den physikalischen Kräften des Weltalls und insbesondere der Erde und dem *Contentum*, der eingeschlossenen Mutterlauge, wäre; aber abgesehen davon, dass auch selbst für eine ein-

zelne physikalische Kraft uns die Erfahrung keinen absoluten Isolator aufweist, so giebt sie uns auch für die thierische und pflanzliche Membran insbesondere ganz entschieden das Gegentheil an die Hand. Ihr kommt allgemein, soweit unsere Erfahrung reicht, ausser der Durchdringlichkeit jeder Materie für die Imponderabilien noch die Permeabilität für ponderable Stoffe im tropfbar flüssigen Zustande zu, ohne dass wir berechtigt wären, eine andere Unterbrechung der Continuität in derselben anzunehmen, als bei dem für das Licht durchdringlichen Glase. *Die physik*alischen Kräfte wirken also auf den Inhalt der Zelle fort, aber modificirt durch die Vermittelung der umschliessenden Formen. Die Gestalt steht mit der Mutterlauge in einer nothwendigen Wechselwirkung, und wenn die Mutterlauge, welche in der Zelle eingeschlossen ist, fortfährt Gestalten zu bilden, so müssen diese (die neuen Zellen) in einem nothwendigen Zusammenhange mit der ursprünglichen Gestalt und der Mutterlauge stehen und von ihrem Einflusse abhängig seyn, wodurch schon die Möglichkeit der Fortpflanzung, d. h. die Bestimmung einer neu entstandenen Gestalt, in ihrer Entwickelung einer schon vorhandenen als bestimmenden gleich oder ähnlich zu werden, gegeben ist.

Wollen wir nun die Ausdrücke lebendig und todt, organisch und unorganisch auf diese verschiedenen Producte des Bildungstriebes anwenden, so können wir immerhin die ersteren die Krystalle unorganische, todte, die andern die Zellen organische, lebende Wesen nennen. Doch müssen wir uns beständig dabei erinnern, dass wir eine Reihe von uns gegebenen Formen willkürlich nach einem beliebigen Eintheilungsgrund zerschnitten haben und dass wir eben so sehr berechtigt sind, jeden andern Eintheilungsgrund zu gebrauchen.

Wir charakterisiren also hier den Begriff Organismus als das Verhältniss der Gestalt zur eingeschlossenen Mutterlauge und Leben als Wechselwirkung zwischen der Mutterlauge und der Gestalt, zwischen dem Inhalt und den äussern physikalisch-chemischen Kräften vermittelt durch die Gestalt und endlich Wechselwirkung zwischen der primären Gestalt und den in der bereits eingeschlossenen Mutterlauge später erzeugten Gestalten. Für Alles nun, was aus Zellen gebildet ist, können wir die Nothwendigkeit dieser drei so eben unter dem Worte Leben zusammengefassten Processe in Anspruch nehmen, und Alles, was unmittelbare Folge dieses Verhältnisses ist, muss auch für diese Gebilde gleichmässig Gültigkeit haben, Alles was aber nicht schon in dieser

Definition als Merkmal enthalten ist oder daraus folgt, dürfen wir, wenn wir es z. B. bei den Thieren finden, nicht sogleich auf die Pflanze übertragen oder als Unterstützung zur Erklärung eines Vegetationsprocesses gebrauchen, denn gerade der Punkt kann ja möglicherweise einen Unterschied zwischen beiden ausmachen, z. B. müssen wir in beiden Reichen nach Fortpflanzung suchen, jedoch über die Form derselben in einem Reiche nach der Analogie mit dem andern entscheiden zu wollen, ist geradezu logisch falsch.

3. Das eigentliche Räthsel des Lebens zerfällt, wenn wir es genauer betrachten, in zwei Probleme:

1) die Construction eines in regelmässiger Periodicität sich selbst erhaltenden Systems von bewegenden Kräften;

2) die Construction des Gestaltungsprocesses.

Nun fällt aber die Lösung der einen wie der andern eben bezeichneten Aufgaben überhaupt nicht innerhalb der Grenzen des Organischen. Die erste ist bereits gelöst durch die Construction des Sonnensystems, welches nur die einfachste Form eines solchen Lebensprocesses ist. Man könnte hier drei Ordnungen solcher Systeme unterscheiden.

a. Die Sonnensysteme, die einfachsten, weil sie auf den für uns sogenannten Grundkräften beruhen und uns am selbstständigsten und unabhängigsten erscheinen.

b. Die einzelnen Weltkörper für sich, von denen wir freilich nur die Erde mit einiger Gründlichkeit zu erforschen im Stande sind. Hier ist die Sache dadurch schon verwickelter, dass hier die Processe einmal von dem Systeme nächst höherer Ordnung abhängig und dann die wirkenden Kräfte schon grösstentheils abgeleitete, also mehrere, sind und vielfach verschiedene, wodurch die Complicationen steigen.

c. endlich die sogenannten Organismen auf der Erde. Hier wird nun die Aufgabe aus denselben Gründen, wie bei der vorigen Abtheilung, aber in viel höherer Potenz schwieriger und verwickelter.

Es scheint mir klar, dass diese drei Probleme nur gradweise verschieden sind, und die Möglichkeit ihrer Auflösung beruht nur darauf, dass die Empirie allmälig alle einzelnen Elemente, die in Rechnung zu ziehen sind, messbar macht, was freilich noch heute oder morgen nicht geschehen wird, aber offenbar nicht als der menschlichen Kraft unerreichbar erscheint. Von der grössten Wichtigkeit ist es aber, einzusehen, dass diese Möglichkeit wenigstens *in abstracto* vorhanden ist, sollte sie

es auch nicht *in concreto* seyn, etwa wie die Berechnung der eigenthümlichen Bewegung der Sonne auch nur deshalb unmöglich erscheint, weil die Complicationen die menschliche Fassungskraft übersteigen, nicht aber weil sie etwa den mathematischen Gesetzen nicht unterworfen sey. Wer diesen Punkt nicht klar eingesehen hat und fest und unverrückt im Auge behält, wird jeden Augenblick in Gefahr seyn, sich in abenteuerliche Träumereien zu verlieren, statt Wissenschaft zu finden. Dieser Punkt ist es, welcher für alle unsere morphologischen Naturwissenschaften die oberste leitende Maxime bestimmt, indem uns hierdurch das Endziel genannt wird, nach welchem wir hinstreben sollen.

Das andere oben erwähnte Moment des Lebens, die Gestaltung, liegt aber offenbar auch auf dem Gebiete des Unorganischen und die Aufgabe einer Construction desselben muss zuerst bei den Krystallen gelöst werden *).

Die Auflösung des Räthsels des Organismus zerfällt also in die Construction eines Naturtriebes, des Selbsterhaltungsprocesses (§. 1, 21.), und eines Bildungstriebes, des Gestaltungsprocesses (§. 1, 21. *e.*), und in die Construction des Gesetzes, nach welchem beide mit einander verbunden sind. Nach mannigfachen Seiten hin hat die Schwierigkeit der Lösung, die man lieber umgehen als mühsam erringen wollte, grosse Verworrenheit hervorgerufen. Hierher gehört, nächst der noch immer nicht völlig ausgemerzten Entelechienlehre des *Aristoteles* für den Gestaltungsprocess, insbesondere auch die Annahme einer besondern Lebenskraft für den Selbsterhaltungsprocess bald bewusster bald unbewusster in Verbindung mit dem Gestaltungsprocess. Schon im §. 1. habe ich die Stelle angedeutet, wo im ganzen Zusammenhang unserer Erkenntnisse die Annahme einer Lebenskraft ihre Abweisung findet. Hier will ich wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes denselben noch von einer andern Seite beleuchten.

Bedenken wir, welchen Zeitraum (nämlich von der Alexandrinischen Schule bis auf *Newton*) man gebraucht hat, um in den so einfachen

*) Merkwürdig ist, dass der Kohlenstoff, den man die Grundlage aller organischen Bildungen nennen könnte, selbst so äusserst selten in seinen Krystallformen von ebenen Flächen, meistens von sphärischen Flächen begrenzt wird, so dass selbst die krumme Fläche noch in der Morphologie des Unorganischen zu entwickeln wäre.

Verhältnissen der kosmischen Formen von der Beobachtung der Erscheinungen bis auf die Erkenntniss der Grundkräfte vorzudringen, so werden wir uns nicht wundern dürfen, wenn wir bemerken, dass man in der Lehre vom Leben noch kaum über die ersten Anfänge hinaus ist, da hier die Verhältnisse so unendlich viel complicirter werden, und da noch insbesondere ein Moment hinzutritt, welches wir bei den kosmischen Formen fast ganz vernachlässigen können, während es für die terrestrischen Formen grade die Hauptseiten der Betrachtung darbietet. Die Wirkung jeder Kraft, sie sey welche sie wolle, muss nämlich in Bezug auf die Form entweder auf Bildung, oder auf Erhaltung, oder auf Zerstörung der Form gerichtet seyn. Die Entstehung und Zerstörung der organischen Formen geht aber mit solcher Schnelligkeit vor sich, dass grade in diesem Spiel sich der Reichthum des Lebens hauptsächlich offenbart, während die Vermittelung dieses regen Wechsels durch die Wirkung der Kräfte sich der unmittelbaren Wahrnehmung entzieht und nur durch sehr schwierige wissenschaftliche Operationen, durch das Experiment und dessen Benutzung zur Anschauung gebracht werden kann. Hier bleibt aber vorläufig ein um so grösserer Theil dunkel, als wir noch nicht einmal den gesetzmässigen Verlauf im Entstehen und Vergehen der Formen vollständig kennen, geschweige denn das Spiel der Kräfte, die doch erst alsdann in Frage kommen können, wenn die Ursachen jenes Formwechsels untersucht werden sollen, und als wir unmöglich den Ursachen oder den Erklärungsgründen nachspüren können, für eine Thatsache, die wir selbst noch nicht vollständig kennen. Diese uns unbekannten Ursachen der auch nur mangelhaft bekannten Thatsachen sind es nun grade, die wir Lebenskraft nennen. Hier ist nun leicht begreiflich, dass das Wort Kraft hier einen durchaus andern Sinn hat, als den wir sonst mit demselben verbinden. Bei der Untersuchung der kosmischen Erscheinungen, die uns allmälig durch genauere Beobachtung und vollkommnere Instrumente vollständig bekannt geworden sind, suchten wir nach einem Erklärungsgrund, d. h. nach einem einfachen Princip, aus welchem sich alle Erscheinungen ableiten und dem Maasse nach genau im Voraus bestimmen liessen. *Newton* fand diesen Erklärungsgrund in der allgemeinen Gravitation; damit waren alle jene Erscheinungen erklärt, d. h. von einer Grundkraft der Materie abgeleitet, die, nach bestimmten Gesetzen wirkend, in ihrer Gesetzlichkeit von allen Thatsachen genügende Rechenschaft gab. Weniger glücklich sind wir bis jetzt in den andern Disciplinen gewesen; hier fehlt uns für die

meisten Fälle noch ein *Newton*. Indess haben wir doch in der Physik eine Anzahl verschiedenartiger Kräfte kennen gelernt, deren Wirkungsweise, an Gesetze gebunden und nach Maass und Zeit bestimmt, für gewisse Kreise von Erscheinungen eine erklärende Ableitung zulassen, wenn wir auch noch nicht behaupten dürfen, auf die letzten Gründe gekommen zu seyn. Aber bei allen haben wir doch wenigstens eine feste Erkenntniss der Eigenthümlichkeit ihrer Wirkungsweise und ihrer Gesetzlichkeit. Beides geht uns aber für die sogenannte Lebenskraft völlig ab. Niemand ist im Stande, anzugeben, was sie sey, wie sie wirke, an welche Gesetze ihre Wirkungsweise gebunden sey, wie sie gemessen und danach der Erfolg bestimmt werden könne, und deshalb ist es auch unmöglich, sie als Erklärungsgrund für irgend eine Erscheinung, welche es auch sey, zu gebrauchen. Der Ausspruch: dieser oder jener Vorgang ist Folge der Lebenskraft, heisst durchaus nichts Anderes als: dieser Vorgang hat irgend eine Ursache, was sich natürlich von selbst versteht, welche aber, ist damit auch nicht einmal annäherungsweise bestimmt. Es ist Sache der Naturphilosophie, nachzuweisen, dass die Annahme einer Lebenskraft, als einer von den physikalischen Kräften qualitativ und ursprünglich verschiedenen, als einer den Organismen eigenen Grundkraft, ein Unding sey; hier will ich die Sache nur von der rein empirischen Seite erörtern. Es kann wohl nur von einem im höchsten Grade Unwissenden in neuerer Zeit in Abrede gestellt werden, dass in und an den sogenannten Organismen eine Menge Erscheinungen hervortreten, die demjenigen angehören, was wir mit einem Gesammtausdruck Leben nennen, und gleichwohl zur völligen Genüge als Wirkungen rein unorganischer Kräfte zu erklären sind. Dass die Chemie ganz in derselben Gesetzlichkeit, wie wir sie bei den unorganischen Körpern kennen lernen, uns viele Fragen aufgelöst hat, ist gewiss; dass Elektricität und Galvanismus auf die organischen Körper wirken, leidet keinen Zweifel; diese sind, wie alle Körper, der Schwerkraft, den Gesetzen der Cohäsion, Adhäsion u. s. w. unterworfen. Aber von keiner einzigen der genannten und der übrigen physikalischen Kräfte kennen wir bis jetzt die Grenze ihrer Wirksamkeit im Organismus. Wenn man nun auch gar nicht in Abrede stellen wollte, dass es neben jenen im organischen Körper noch eine diesem eigenthümliche Grundkraft (die Lebenskraft) gebe, so ist doch so viel einleuchtend, dass überall erst dann von ihr die Rede seyn kann, wenn wir die Wirkungssphäre aller jener unorganischen Kräfte im

Organismus bis in ihre äussersten Grenzen durchforscht haben, bis alle Versuche darüber angestellt, alle zum vollständigen Abschluss gebracht, Alles dabei so klar geworden ist, dass kein Zweifel mehr übrig bleibt. Dann erst, und nicht einen Augenblick früher, sind wir überall im Stande, zu bestimmen, ob nun noch von dem Ganzen, was wir Leben nennen, ein grösserer oder geringerer Theil übrig bleibt, der sich niemals auf die unorganischen Kräfte als deren Resultat zurückführen lassen würde. Erst dann sind wir bei dem Gebiet der Lebenskraft angekommen, dann erst können unsere Forschungen diese eigenthümliche Kraft zu ihrem Gegenstande nehmen, und wenn wir dann ihre Art und Weise, ihre Gesetzlichkeit u. s. w. erkannt haben, können wir sie als Erklärungsgrund in die Wissenschaft einführen. Jetzt aber, wo noch so tausend verschiedene Fragen sich anbieten, deren Lösung durch das genauere Studium der unorganischen Kräfte zu hoffen ist, da tausende von Versuchen und Experimenten noch zu machen sind, die nur die unorganischen Kräfte betreffen und die noch gemacht werden müssen, ehe wir weiter fortschreiten können, ist es geradezu lächerlich, von der Lebenskraft anders zu sprechen, als von einem unbekannten x, dessen Werth am Ende der Rechnung auch wohl $= o$ werden könnte. Nur Unwissenheit und Geistesträgheit sind bei dem jetzigen Stande unserer Naturwissenschaften die Vertheidiger einer Lebenskraft, die Alles machen, Alles erklären soll, und von der Keiner angeben kann, wo sie steckt, wie sie wirkt, an welche Gesetze sie gebunden ist. Der Wilde, der eine Locomotive ein lebendes Thier nennt, ist nicht unwissender als der Naturforscher, der von Lebenskraft im Organismus spricht. Beide nennen das lebendig, bei dem sie eine Summe von Thätigkeiten zu einem Gesammteffect verbunden sehen, ohne zur Zeit im Stande zu seyn, sich über die einzelnen Summanden, die auch noch wieder Producte verschiedener Factoren und so fort seyn können, Rechenschaft zu geben. Freilich schadet es nichts, wenn man vorläufig ein unbekanntes x mit irgend einem Ausdruck bezeichnet, wenn man nur beständig im Auge hält, dass der Ausdruck eben noch keine bestimmte Geltung und Bedeutung habe; wohl aber ist es höchst verderblich für die Wissenschaft, wenn man sich durch die Zweideutigkeit, die im Worte Lebens*kraft* liegt, verführen lässt, diesen Ausdruck eben so für etwas seiner Art und Gesetzlichkeit nach Bestimmtes zu halten, wie etwa Schwerkraft, denn dadurch wird jedem Fortschritt, jeder Aufklärung unserer Einsicht eine unübersteigliche

Schranke entgegengesetzt, eine Mauer gezogen, die um so trauriger wirkt, weil sie dadurch, dass sie die Aussicht auf das weite Feld hinter ihr verdeckt, auch das Verlangen nicht einmal entstehen lässt, sie zu überspringen und den Weg weiter zu bahnen. Die ganze Lehre von der Lebenskraft ist überall nichts Anderes, als das Princip der faulen Vernunft, die statt einzugestehen, wie wenig sie weiss, wie endlos und mühselig der Weg des Forschens noch vor ihr liegt, auf dem jeder einzelne Schritt ihre höchste Anstrengung erfordert, um nicht vom rechten Pfade abzukommen, sich lieber mit dem süssen Traume ihrer Allwissenheit, oder mit dem Ausspruch der bescheiden thuenden Faulheit, dass es ihr nicht vergönnt sey, Alles zu wissen und das göttliche Mysterium zu durchdringen, aufs Lotterbett legt und es der Phantasie überlässt, die grosse Leere, welche auszufüllen sie zu träg ist, mit einem schönen bunt gemalten Vorhang, den dann Jeder nach eigenem Geschmack verziert, zu verdecken.

Lebenskraft hat daher, wo ich es etwa gebrauche, stets nur den Sinn, dass es an seiner Stelle ein Wahrzeichen unserer Unwissenheit und mangelhaften Einsicht ist; Leben aber behält die Bedeutung, die ich für dasselbe entwickelt habe.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne eine kurze Erörterung an einen Ausdruck anzuknüpfen, mit welchem viel mystischer Unsinn in der Wissenschaft getrieben worden ist und noch jetzt zuweilen getrieben wird; ich meine das Wort: Mikrokosmus oder Welt im Kleinen. Falsches und Richtiges, Verworrenes und Klares spielen hier, wie in allen bildlichen Ausdrücken, so durch einander, dass es schwer ist, die einzelnen Elemente zu sondern, und überflüssig dazu, wenn man bedenkt, dass die ganze Mühe nur auf Entwickelung einer Gleichnissrede und nicht eines wissenschaftlichen Begriffs verschwendet wird. Folgendes sind die beiden wissenschaftlich bedeutenden Punkte, auf die es hier ankommt. Der erste ist die Anerkennung dessen, was eben der oben gegebenen Erörterung über den Begriff der Lebenskraft zum Grunde liegt, dass nämlich im einzelnen Organismus, wie im ganzen Weltgebäude, ein gesetzmässiges Spiel von Kräften das Entstehen, Bestehen und Vergehen des Ganzen bedingt und darin beide eine gewisse Aehnlichkeit zeigen. Bis so weit ist das Gleichniss zwar richtig, aber auch vag und unbestimmt genug, um jede wissenschaftliche Anwendung desselben unthunlich zu machen. Der andere Punkt involvirt aber eine doppelte Falsch-

heit. Man übertrug nämlich von der individuellen Selbstständigkeit des ganzen Weltgebäudes die Ansicht von individueller Selbstständigkeit auch auf den Organismus und suchte die Gründe für sein Entstehen und Vergehen nur in ihm selbst. Das ist aber für beide thatsächlich falsch und hat eben die falsche Behandlungsweise der Lebenskraft mit einschwärzen helfen. Eine vollendete Welt als selbstständiges Individuum kennen wir in der Wissenschaft gar nicht, sondern nur in der Idee. In der Wissenschaft bleibt uns mit Nothwendigkeit die Welt ein Unvollendetes, eine unendliche Reihe, von der uns höchstens ein Anfangspunkt gegeben ist, deren Endpunkt wir aber niemals erreichen können. In dieser Reihe ist nun jedes Glied unvollständig und in seinem ganzen Wesen durch die Abhängigkeit von dem nächst höheren Glied bedingt; nur durch dieses und in diesem ist sein Entstehen, Bestehen und Vergehen möglich, nur Eigenthümlichkeiten in der Natur des höhern Gliedes gestatten die Bildung eines Niedern, nur die Wechselwirkung desselben mit dem Höheren bedingt seine Erhaltung, und dieselbe Wechselwirkung ist es, welche seine endliche Zerstörung herbeiführt. Mit einem Worte, es giebt für uns gar keinen selbstständigen Organismus. Das Entozoon ist nur als Inquilin eines andern Organismus möglich; dieser kann ohne die unzähligen Einflüsse der Erde nicht existiren und existirt in der That auch nur durch diese; das Leben der Erde ist durch das Sonnensystem bedingt und dieses wieder abhängig von Systemen höherer Ordnung und so fort in's Unendliche. Aus dieser Abhängigkeit geht die grosse Complication der uns zunächst liegenden Lebensprocesse hervor, aber diese Abhängigkeit zeigt uns auch, wie in den Organismen der Erde durchaus keine andere (am wenigsten höhere) Gesetzmässigkeit herrschen könne, als in dem rein mathematisch und mechanisch construirbaren Sonnensystem, wodurch eben die Abweisung einer besondern Lebenskraft ebenfalls eine neue Stütze erhält.

4. Ein Punkt ist hier noch specieller hervorzuheben, weil noch in neuester Zeit sich dabei grosse Verworrenheit der Begriffe gezeigt hat. Wir bemerken bei organischen Naturkörpern eine Menge zusammengesetzter Stoffe, welche scheinbar andern combinatorischen Gesetzen folgen als die bei unorganischen Körpern vorkommenden Stoffe. Ob hier wirklich ein fester Unterschied in der Art der Zusammensetzung stattfinde oder nicht, lässt sich wohl zur Zeit noch nicht mit völliger Sicherheit entscheiden. Wir bedürfen hier aber einer bestimmten Unterschei-

dung solcher Stoffe und diese können wir am zweckmässigsten so bestimmen:

Organische Stoffe sind solche, welche in der Natur nur unter der Herrschaft eines organischen Bildungstriebes entstehen, die übrigen sind unorganische.

Welchem Bildungstriebe diese Stoffe für sich aber wieder anheimfallen, ist davon gänzlich unabhängig; so gestalten sich völlig unorganische Stoffe allmälig zur Pflanzenzelle und organische Stoffe krystallisiren in regelmässigen stereometrischen Gestalten. Es gehört eine grosse Confusion dazu, organischen Stoff und organische Gestalt nicht von einander unterscheiden zu können, und Zucker z. B. deshalb zu den unorganischen Stoffen zu rechnen, weil er krystallisirt.

In anderer Weise ist der Unterschied von organischer Gestalt, organischem Stoff und der Form der Wechselwirkung im Organismus, dem Leben, auch von dem sonst so klaren *Mulder* *) gänzlich übersehen worden. Bei seiner ganzen Entwickelung des Organischen aus den unorganischen Stoffen und Kräften kommt er wohl zu Zellstoff, Blutstoff, Leberstoff u. s. w., bemerkt aber nicht, dass Zellstoff noch keine Zelle, Blutstoff noch kein Blutkügelchen, Leberstoff keine Leber ist.

5. Wir haben nun versucht, uns unter den Producten der Bildungstriebe die organischen Körper bestimmt einzugrenzen, es bleibt uns aber noch die Grenzbestimmung der Pflanze gegen das Thier übrig. Diese ist aber noch entschiedener nur als Aufgabe zu nennen und Erörterungen können uns hier allein vorläufige Anhaltspunkte geben.

Als den einfachsten Organismus im Allgemeinen haben wir die Zelle aufgestellt und wir müssen zusehen, wie aus der Natur der Zelle möglicher Weise zwei verschiedene Arten von Organismen hervorgehen können. Durch Veränderung ihrer einfachsten Form, der Kugel, durch ungleiche Ausdehnung, durch Combination der Zellen, und durch verschiedenartige Auseinanderlagerung bei diesen Combinationen ist eine endlose Mannigfaltigkeit der Formen möglich geworden. Zugleich wird hierdurch auch der einfachste Lebensprocess, wie wir ihn vorhin charakterisirten, durch die Media, in denen der Zellenbildungsprocess vor sich geht, und durch die dadurch etwa nothwendig werdenden Vermittelun-

*) Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie, übersetzt von *Moleschott.* Erste Lieferung S. 68—86.

gen ebenfalls auf die mannigfaltigste Weise complicirt. Hier sind nun wieder zwei Fälle möglich:

a. Die Formenbildung bleibt das Vorherrschende und wird durch die verschiedenartigste Combination der Elementarformen verwirklicht; oder

b. die Ausbildung des Lebens in der angegebenen Bedeutung in allen seinen möglichen Erscheinungsweisen wird das überwiegend Hervortretende.

Diese beiden Fälle sind nicht nur möglich, sondern scheinen in der Natur auch wirklich zu seyn und dem Wesen der Pflanze und des Thieres zu entsprechen. Dafür wollen wir vorläufig nur das Verhältniss der Anatomie und Physiologie in beiden Reichen etwas genauer betrachten. Wenn wir von Anatomie und Physiologie der Pflanzen reden, so müssen wir nicht vergessen, dass diese Ausdrücke, ursprünglich der Zoologie angehörig, unmöglich für die Pflanze dieselbe Bedeutung haben können. Man könnte auch bei Untersuchung des Blätterdurchgangs, der Spaltbarkeit, des Korns u. s. w. von einer Anatomie der Mineralien reden und zwar mit demselben Rechte, wie bei den Pflanzen. Nehmen wir das Wort Anatomie in seiner eigentlichen, ursprünglichen Bedeutung, so giebt es gar keine Pflanzenanatomie, oder doch nur höchstens bei den Fortpflanzungsorganen einiger wenigen Pflanzen.

Das eigentliche Lebensprincip der Erde ist die Formenbildung, Bildungstrieb, *Nisus formativus.* Bei der Schöpfung der Mineralien ist diese Kraft gleichsam noch im Embryonenzustande, sie folgt willenlos einem ihr fremden Gesetz, die weltbeherrschenden Mächte der Natur, die physikalischen und chemischen Gewalten bedingen ihre Thätigkeit und die Mathematik schreibt ihr ihre ausnahmslosen Regeln vor. Bei der Pflanze tritt das Kindesalter des Bildungstriebes ein. Selbstständig geworden erfindet die Natur sich eine eigne Form, die bei ihrer Einfachheit doch durch Combination die Möglichkeit einer grossen Mannigfaltigkeit gewährt, und in voller Freude über den Fund kann sie nicht aufhören, immer neu zu bilden. In der Lust des Spiels scheint sie alles Andere zu vergessen, mit kindlichem Stolze trägt sie die bunten wechselnden Gestalten zur Schau, die sie geschaffen, sie kennt kein Verheimlichen, Verstecken, denn ihr sind Zwecke noch fremd, nur die reine Lust am Schönen leitet ihr Bestreben und höchstens lässt sie wie ein muthwilliges Kind zuweilen ihren bizarren Launen den Zügel schiessen.

Aber die Kindheit geht vorüber und sie lernt nach Zwecken handeln, jetzt wird Form und Schönheit nicht mehr höchstes allein bedingendes Princip, sondern dem Nutzen untergeordnet, zugleich aber verhüllt sie weise die Mittel, wodurch sie ihre Zwecke erreicht. Was früher offen und frei sich dem Blicke gezeigt, wird jetzt verborgen und das Thier schliesst sich über seinen Organen zusammen. Wir haben bei der Pflanze das Princip der Schönheit und Mannigfaltigkeit der Form, der das Leben nur dient, beim Thier das Leben in seinen verschiedenen Ausdrucksweisen als Zweck, dem die Form untergeordnet und angepasst ist. Hier nimmt das Säugethier Fischgestalt an, weil es für Wasserleben bestimmt ist, dort muss der Cactusstamm die Functionen der Blätter übernehmen, weil es der Natur einmal gefallen hat, eine Pflanze ohne Blätter zu bilden. Die Pflanze soll möglichst viele Formen entfalten, sie verschliesst daher nichts in sich. Das Thier soll sein Leben zur höchsten individuellen Abgeschlossenheit entwickeln, es birgt also alle seine wichtigen Organe im Innern, um der Aussenwelt nur eine Fläche möglichst gleicher Bedeutung und gleichen Werthes zuzuwenden. Die Pflanze differenzirt, entwickelt sich nach Aussen, das Thier nach Innen.

Wenn wir also Anatomie als die Lehre von den Organen ansehen, so wird dieselbe Wissenschaft bei den Thieren eine Untersuchung des Innern (Anatomie), bei den Pflanzen eine Betrachtung des Aeussern (Morphologie) werden. Es bleibt indess immer noch für beide Reiche ein gemeinsamer Theil übrig, nämlich die in neuerer Zeit so genannte höhere Anatomie oder Histologie, die Lehre von den Elementarorganen. Die Pflanze hat nur ein Elementarorgan, die Zelle in dem oben schon entwickelten Sinne. Die ausgezeichneten Untersuchungen von *Schwann* *) haben eben dasselbe für die thierischen Organismen erwiesen. Aber es zeigt sich selbst in dieser Uebereinstimmung wieder die grosse Verschiedenheit zwischen Thier und Pflanze. Die Pflanze will mit ihrer Formenbildung dem Spiel der Mannigfaltigkeit dienen, sie ist äusserlich, ihre Individualität daher weder beabsichtigt noch geschützt. Das Thier bildet sich nach Zweckgesetzen, differenzirt sich möglichst im Innern und strebt nach abgeschlossener Individualität gegen die Aussenwelt. Daher sind die Veränderungen und Umbildungen der Elementarorgane beim Thier

*) Mikroskop. Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Pflanzen und Thiere. Berlin 1839.

unendlich grösser als bei den Pflanzen und die Individualität derselben fast null, während bei der Pflanze die Elementarorgane gerade am schärfsten individualisirt sind und die kaum festzuhaltende Individualität der Pflanze fast ganz in die Individualitäten der einzelnen Zellen zerfällt.

Dies führt uns ferner auch auf die wesentlichsten Unterschiede in der Physiologie der Pflanzen und der Thiere. In der Bildung des Thieres schreitet die Natur mehr oder minder rasch bis zu dem Punkte vor, wo die Form entwickelt ist und von da an als das Untergeordnete stationär bleibt, während das Leben, als das eigentlich Beabsichtigte, sein Spiel von Wirkung und Gegenwirkungen nun erst recht in voller Kraft beginnt. Es ist dies der Zeitpunkt der fertigen Form, der *adolescentia*, die ein wesentlicher Charakter der Thiere ist und höchstens vielleicht bei einigen sehr langsam Wachsenden insofern eine scheinbare Ausnahme leidet, als der blossen Vergrösserung, aber unter Beibehaltung von Form und Verhältniss aller Theile, keine in unsere Beobachtung fallende Grenze gesetzt scheint. Wie ganz anders dagegen bei der Pflanze. Die beabsichtigte Mannigfaltigkeit der Gestalten wird dadurch in noch höherm Grade verwirklicht, dass die Pflanze fast in jedem Momente ihres Lebens nur ein Theil ihrer selbst ist, dass sie die zu ihrem Begriff nothwendigen Organe jetzt abwirft, um im nächsten Augenblicke andere, eben so nothwendige Organe zu entwickeln und so in einer beständigen Metamorphose der Gestalt, wovon wir kaum bei der ächten Metamorphose der Insecten ein Analogon finden, schon in ihrem individuellen Lebensprocess jener bunten Mannigfaltigkeit der Formen dient, die ihrem ganzen Daseyn als höchstes Gesetz gilt. Ist zum Beispiel die Zeitlose im Herbste mit Blüthen ohne Blätter oder im Frühjahre mit Blättern und Frucht ohne Blüthen ganz sie selbst und was ist jenes vorhergehende Gebilde? Zur Erkennung von *Orontium aquaticum* gehören die Fortpflanzungsorgane und die Blätter, aber die blühende Pflanze hat keine Blätter, und wenn sie Blätter hat, fehlen Blüthe und Frucht. Wir müssen also behaupten, dass das Individuum der Pflanze überall nicht in räumlicher Abgrenzung von der Anschauung wie das Thier, sondern nur in der Zusammenfassung des in der Zeit nach einander Gegebenen durch den Begriff bestimmt und erkannt werden könne.

Es bedarf ferner keines grossen Scharfsinns, um zu errathen, dass ein Wesen, welches wie die Pflanze alle seine Organe frei nach Aussen entwickelt, auch ganz andern Gesetzen gehorchen muss als ein an-

deres, welches alle oder doch die wichtigsten in sich verschliesst. Bei der Pflanze ist jedes einzelne Organ von dem Einfluss des umgebenden Medium abhängig, durch nichts gegen die Einwirkungen physikalischer Kräfte isolirt, deren Einfluss ohnehin durch den schwachen Individualitätszusammenhang nicht allein nicht aufgehoben, sondern oft auch kaum merklich modificirt wird. Wir dürfen also bei der Pflanze viel mehr und mit grösserem Rechte als beim Thier, mit den einfachsten physikalischen und chemischen Erklärungen zufrieden seyn.

Endlich, und das möchte wohl den wichtigsten Unterschied begründen, ist beim Thier die Selbstständigkeit des Elementarorgans, der Zelle, ganz in der Individualität des Ganzen untergegangen und aufgelöst, jeder Theil gilt daher nur im Zusammenhange mit dem andern etwas und lebt nur um dem Ganzen zu dienen. Bei den Pflanzen ist im Gegentheil die Individualität des Ganzen zurückgesetzt gegen die des Elementarorgans und die ganze Pflanze scheint nur für und durch das Elementarorgan zu leben. Daher besteht der wichtigste Theil der thierischen Physiologie in der Untersuchung der Lebensthätigkeit ganzer Gewebe und Organe und ihrer Wechselwirkung, bei den Pflanzen dagegen reducirt sich die ganze Physiologie fast nur auf das Leben der Pflanzenzelle, und die Lebensthätigkeit der ganzen Pflanze, insofern sie aus dem Leben der Zelle nicht abgeleitet werden kann, ist höchst unbedeutend und uns noch meist unbekannt.

Eben weil alles was der Zelle als solcher zukommt, den Organismen ohne Unterschied eigen seyn muss, mehr noch weil alle der isolirten selbstständigen Zelle angehörenden Eigenheiten vorzugsweise im Pflanzenreich gesucht werden müssen, darf man auch die Unterschiede zwischen Pflanzen und Thieren am allerwenigsten in einer Eigenschaft finden wollen, die dem i s o l i r t e n Zellenleben angehört. *Valentin's* Ansicht (Repert. 1836. S. 33), dass die Wimperbewegung einen Unterschied zwischen Thieren und Pflanzen begründe, war also schon dann unhaltbar geworden, sobald man dieselbe als dem individuellen, selbstständigen Zellenleben angehörig erkannte. Ganz widerlegt ist sie durch *Unger's* *) Entdeckung von schwingenden Wimpern an den Sporen von *Vaucheria clavata;* keineswegs ist aber durch diese Entdeckung eine Thierwerdung der Pflanze nachgewiesen, ein Ausspruch, der trotz aller Protestatio-

*) Die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien 1843.

nen doch nur ein logischer Schnitzer ist und bleibt, der auf einer gänzlichen Verkennung der Gesetze der natürlichen Systematik beruht.

Aus dieser Erörterung gehen nun freilich keine leicht anzuwendenden Merkmale hervor, die uns in den Stand setzten, in zweifelhaften Fällen immer zu entscheiden, ob wir es mit Thier oder Pflanze zu thun haben, aber sie deutet uns doch die Richtung an, in welcher wir solche Merkmale allein zu suchen haben. Die meisten in den ältern Handbüchern der Naturgeschichte angegebenen Unterschiede sind jetzt völlig unbrauchbar und zum Theil selbst lächerlich, was daher kommt, dass diese Merkmale zu einer Zeit aufgestellt wurden, wo die fraglichen Gebiete noch viel zu wenig durchforscht und namentlich an der streitigen Grenze fast ganz unbekannt waren. Ein Löwe ist allerdings wohl einigermassen von einem Eichbaum zu unterscheiden; wenn ich aber den *Protococcus viridis*, eine unzweifelhafte Pflanze, neben die *Monas pulvisculus*, ein unzweifelhaftes Thier, lege und zwischen beide ein *Closterium* einschiebe, so möchte *Linne's* und seiner Nachfolger Weisheit schwerlich ausreichen, um zu bestimmen, ob es rechts oder links seinen Verwandten findet. Wenn nun auch durch die ausgezeichneten Untersuchungen *Ehrenberg's* noch keineswegs erwiesen ist, dass *Monas* und andere verwandte Infusorien nicht aus einer einfachen Zelle bestehen, so bleibt doch als ein wesentlicher Unterschied von ähnlichen Pflanzen stehen, dass das Thier auch dann, wenn es nur aus einer einzigen Zelle besteht, diese in sich selbst hineinstülpt und so ein Theil der äussern Fläche zur innern gemacht wird, welche innere Fläche dann wahrscheinlich allein zur Aufnahme der Nahrungssäfte bestimmt ist, dass es also stets innere Organe hat. Daher müssen wir uns wohl vorläufig noch immer mit dem von *Link* in seiner *Philosophia botanica* angegebenen Unterschied beruhigen, dass die Thiere einen Magen haben, die Pflanzen aber keinen. Freilich zeigen die Streitigkeiten über einen grossen Theil der infusoriellen Gebilde, dass die Anwesenheit oder Abwesenheit des Magens im einzelnen Fall nur unendlich schwer auszumachen ist. Es zeigt sich hier ganz bestimmt, dass es zwischen Thier- und Pflanzenreich noch eine Grenze giebt, die für unsere Beobachtung, aber freilich auch nur für diese, noch durchaus nicht scharf gezogen ist, und dass es hier Formen geben wird, deren Bürgerrecht in dem einen oder andern Gebiete für jetzt noch nicht definitiv entschieden, sondern höchstens wahrscheinlich gemacht werden kann. Ich mache hier ausdrücklich darauf aufmerksam, da es für die

ganze wissenschaftliche Botanik und namentlich für den Lebensprocess der Pflanze vielfach wichtig wird, dass eine gesunde Naturforschung solche zweifelhafte Gebilde nie wählen darf, um von ihnen Gesetze abzuleiten, die nicht schon anderweitig für das eine oder das andere Reich fest begründet sind. Hiergegen ist von *Meyen* und Andern oft zum grossen Nachtheil der Wissenschaft gefehlt worden.

6. Die gewöhnliche Eintheilung in lebende und todte Naturkörper, in Steine, Pflanzen und Thiere, ist so alt wie jede nur einigermassen gebildete Sprache und beruht ganz natürlich auf dem Schematismus der productiven Einbildungskraft. Aus der Betrachtung der gewöhnlich uns umgebenden Naturkörper scheiden sich ganz unwillkürlich nach den Gesetzen der Association die Bilder jener drei Reiche aus, indem sich die allgemeinern Merkmale von den bestimmteren Schematen, z. B. Bäume, Büsche, Kräuter, Gräser absondern, diese haben sich aber wieder nur als Abstractionen von noch schärfer gezeichneten Bildern gebildet, z. B. Baum von den Schematen der Linde, Weide, Eiche u. s. w. und diese letzteren sind endlich aus der Zusammenfassung der Anschauungen einzelner Individuen entstanden. So liegt eigentlich schon in der Sprache jedes einigermassen gebildeten Volkes eine natürliche Systematik der Naturkörper und von dieser natürlichen Systematik der Schemate muss jede inductive Naturwissenschaft ausgehen, wie uns die Geschichte der Wissenschaft auch bestätigt, denn ganz ähnlich wie eben angedeutet gestalten sich die ältesten botanischen Systeme, die immer natürliche Systeme sind. Die künstlichen entstehen erst später nicht als Ziel und Aufgabe, sondern allein als Hülfsmittel des Verstandes zur Beherrschung des Materials.

Von der systematischen Anordnung, von Beherrschung des Materials nach äusserlichen Merkmalen, von dem möglichst ins Einzelne durchgeführten Standpunkte der morphologischen Weltansicht, von Wahrnehmungserkenntnissen nur nach logischen Formen angeordnet und vertheilt (also nur formell wissenschaftlich) geht also die Botanik zunächst aus. Weit entfernt, dass damit aber diese Disciplin ihr Ziel erreicht hätte oder erreichen könnte, hat sie damit vielmehr noch gar nichts gethan als der eigentlichen Wissenschaft den Stoff, an welchem sie sich entwickeln soll, geliefert und handgerecht gelegt. Die ganze Naturgeschichte nach äusserer Bestimmung und Anordnung ist nichts Anderes, als die Fortsetzung der geistigen Thätigkeit des gemeinen Lebens, die

schon im Kinde beginnt, in welcher wir allmälig die einzelnen *Dinge um* uns her als verschiedene erkennen lernen und um uns gegenseitig zu verständigen, die Unterschiednen mit besondern Namen bezeichnen. Nur wird bei der Menge des Materials die Sache allmälig schwieriger, *indem* wir künstlichere Merkmale zur genauern Unterscheidung, künstlichere logische Anordnung zur Erleichterung des Gedächtnisses und eine künstliche Benennungsweise gebrauchen, weil die Ausbildung der *Sprache* auch des lebendigsten Volkes nicht mit der Erweiterung der Wahrnehmungserkenntnisse gleichen Schritt halten kann.

Aus diesem ersten Anfang entwickelt sich aber die Eine *Aufgabe* der Wissenschaft selbst, nämlich die Specification der Pflanzenbildungstriebe. Vollständig alle Formen der morphotischen Processe, so weit aus ihnen Pflanzen hervorgehen, zu überblicken, ist die eigentlich wissenschaftliche Aufgabe der Systematik. Damit sie aber vollständig sey, müssen wir ihr noch einen andern Theil hinzufügen. Finden wir nämlich in der Pflanze einen bestimmten Naturtrieb als sich selbst erhaltende Form der Wechselwirkung der Grundkräfte mit einem bestimmten Bildungstriebe vereint, so müssen wir nicht nur die Arten des letztern vollständig überblicken, sondern auch die Arten des erstern, und so erhalten wir als die höchste Aufgabe der systematischen Botanik:

Vollständige Aufzählung, genaue Charakteristik und systematische Anordnung aller vegetabilischen Bildungsprocesse und der mit ihnen verbundenen Selbsterhaltungstriebe (oder nach gewöhnlichem Sprachgebrauch ein natürliches Pflanzensystem, nach morphologischen, anatomischen und physiologischen Merkmalen). Bis jetzt ist fast unsere ganze botanische Thätigkeit nur noch Vorbereitung zur Lösung dieser Aufgabe, denn was darin Vorbereitendes für die Lösung der ferneren Aufgaben liegt, wird gewöhnlich um so weniger vollständig und gründlich gegeben, je weniger die andern Aufgaben schon klar als solche erkannt sind.

7. Das allgemeine Ziel der Naturwissenschaft, die Geltendmachung der hylologischen Weltansicht, begreift die mathematische Construction der Formen der Wechselwirkung und also gleicherweise sowohl des Selbsterhaltungs-, als des Bildungstriebes in den Pflanzen. Der Lösung dieser Aufgabe sind wir bis jetzt noch so unendlich fern, dass wir sie nur als Anforderung an die Wissenschaft hinstellen und in der Bearbeitung derselben als leitende Maxime brauchen können. Der Versuch zur Lö-

sung dieser Aufgabe ist abhängig von der vorherigen Lösung dreier anderen Aufgaben. Zuerst muss nämlich der in diesem §. Nr. 6. bestimmten Aufgabe völlig Genüge geleistet seyn, zweitens muss die Construction der Naturtriebe von den bereits vollständig aufgelösten Gravitationsprocessen fortgeführt werden bis zu den sich selbst erhaltenden Spielen von Kräften im Organismus (was aber erst eine Vollendung der Chemie und Physik voraussetzt), und drittens muss die Construction des morphotischen Processes in dem einfachsten Falle bei den Krystallen gelungen seyn, damit überall die Bildungstriebe der hylologischen Weltansicht untergeordnet werden können.

In der wissenschaftlichen Entwicklung aller Naturtriebe, also auch sowohl der Selbsterhaltungsprocesse als der Bildungstriebe, kam nach §. 1. Nr. 21. zur mathematischen Construction der Form der Wechselwirkung der Grundkräfte ein rein geometrisches Verhältniss der Massen zum Raum hinzu und gerade in diesem liegt (grösstentheils wenigstens) das eigentlich Specificirende der verschiednen Naturtriebe. Hier ist natürlich immer nur vom relativen Raum die Rede, welcher in Bezug auf die bewegte Masse als ruhend gedacht wird. Hier grenzen sich nun für unsere Betrachtung nach den verschiednen Systemen der thätigen Kräfte die relativen Räume immer enger ein. Für unser Sonnensystem liegt das Eigenthümliche im Verhältniss desselben zum Weltraum. Für die Planeten, insbesondere die Erde, in ihrem Verhältniss zum Sonnensystem, und endlich für die Organismen in ihrer räumlichen Abhängigkeit von der Erde.

Es bleibt uns also noch als eine dritte Aufgabe neben der mathematischen Construction der Formen der Wechselwirkung, wie sie den Selbsterhaltungs- und morphotischen Processen in den Pflanzen zum Grunde liegen, das geometrische Verhältniss dieser Formen der Wechselwirkung zur Erde, ihre Localisirung auf dem Planeten zu construiren. Dies wäre eigentlich die reine Aufgabe für das, was jetzt zunächst in der sogenannten Pflanzengeographie und Physiognomik der Gewächse angebahnt wird.

8. Haben wir uns somit über die höchsten Aufgaben unserer Wissenschaft einigermassen orientirt, so bleibt uns nun übrig specieller zu entwickeln, was wir zunächst und wie wir es erreichen können.

Nach Nr. 6. dieses Paragraphen bewegt sich unsere Aufgabe noch ganz innerhalb der Grenzen der morphologischen Weltansicht und berei-

tet nur eine Grundlage vor, um eine theoretische Behandlung darüber aufbauen zu können. Die vollendete wissenschaftliche Durchführung der morphologischen Weltansicht können wir die physikalische Beurtheilung der Natur nennen. Es gilt hier nämlich die scheinbare Particulargesetzgebung für eine engbegrenzte Gruppe von Naturkörpern, die Organismen, auf die allgemeinere Gesetzgebung der ganzen Natur zurückzuführen, ohne dass wir dadurch zur Zeit noch über die zum Grunde liegenden verschiedenen Stoffe und ihre Eigenschaften, also über die wissenschaftliche morphologische Weltansicht hinauskämen. Eine vollendete theoretische Wissenschaft hat nur Einen Anfang, nämlich die höchsten constitutiven Principien, von denen sie ausgeht, und ihre höchsten Grundbegriffe. Jede inductive Wissenschaft dagegen hat eigentlich so viele Angriffspunkte, als uns sinnliche Verschiedenheiten in der Sphäre von Naturkörpern, die ihr Object bilden, entgegentreten. Von jeder einzelnen Eigenschaft können wir anfangen und uns rückwärts über die Gesetze, unter denen sie steht, zu orientiren suchen. So z. B. setzt die blaue Farbe der Blume eine eigenthümliche chemische Constitution des Saftes und diese einen eignen chemischen Process voraus; die Begrenzung der blauen Farbe fordert eine besondre Structur des Theils, an welchem sie vorkommt. Diese besondere Structur ist nicht möglich ohne das Bildungsgesetz, welchem die ganze Pflanze folgt u. s. w. Die Erleichterung, welche in der Behandlung gleichartiger Gegenstände liegt, lässt uns aber schon früh ganz bestimmte Gruppen von Eigenschaften zusammenfassen, deren Bearbeitung wieder besondere Zweige der ganzen Disciplin bildet. Bei genauerer Kenntniss der ganzen Aufgabe dagegen zeigen sich auch Hauptgesichtspuncte, welche untergeordnete Aufgaben bestimmen.

Die allernächste und kaum wissenschaftliche Aufgabe ist die Fortführung der Sprachbildung für diesen bestimmten Zweig der menschlichen Thätigkeit. So wie ohne Sprache überhaupt keine menschliche Bildung möglich ist, aber ohne dass Sprechen selbst schon Bildung sey, so ist auch keine Wissenschaft denkbar, ohne dass man über die Bezeichnung der Gegenstände einig ist. Wenn Einer einen Tisch „Mühle", ein Anderer „Kopf" nennen wollte u. s. w., so wäre jeder geistige Verkehr unter den Menschen unmöglich gemacht. Wir müssen, um uns zu verstehen, bestimmte Dinge mit unabänderlich bestimmten Namen bezeichnen; dies Gesetz bindet im Leben

wie in der Wissenschaft Jeden. Leider hat aber der historisch uns aufgezwungene Unsinn, die armselige und rohe lateinische Sprache zur Sprache der Wissenschaft zu machen, uns den richtigen Gesichtspunkt in der Wissenschaft völlig verrückt. Wer um die schönsten Jahre seines Lebens mit dieser lateinischen Quälerei betrogen ist, der will natürlich den sauer erworbenen Schatz nicht gern als eine taube Nuss wegwerfen und statt Botanik zu treiben, Einsicht in das Pflanzenleben zu gewinnen, flickt er mit philologischer Beschränktheit an den lateinischen Namen herum, die keine andere Bedeutung für die Botanik haben und haben sollen, als bestimmte Gegenstände zu bezeichnen, damit man davon reden kann, ohne den Gegenstand jedesmal in der Natur aufweisen zu müssen. Denselben Zweck soll nun auch zunächst die Pflanzenbeschreibung verfolgen, d. h. die genaue Bestimmung, welcher Pflanze jeder einzelne Name angehöre, damit man leicht und schnell zur Pflanze den Namen, zum Namen die Pflanze finden könne. Das hatte nun *Linné* für seine Zeit geleistet. Die Aufgabe ist allerdings eine sehr untergeordnete, aber ihre vollständige Lösung für die Möglichkeit einer wissenschaftlichen Botanik unentbehrlich. Später haben wir kein Buch wieder erhalten, welches diese Schärfe und Kürze, diese vollendete Accuratesse zeigte, wie *Linné's* Arbeiten; die Meisten haben sich in stolzer Vornehmthuerei für zu gut zu dergleichen gehalten, ohne doch zur Zeit irgend Besseres leisten zu können. Wir müssen aber durchaus aus der Gesammtaufgabe der Botanik eine präparatorische Aufgabe aussondern, die man auch wohl, ohne sie gerade scharf aufzufassen, praktische Botanik hin und wieder zu nennen pflegt, denn sie ist in der That eine Kunst und keine Wissenschaft. Ich bestimme sie hier so: „die genaueste und kürzeste Beschreibung und Benennung aller bekannten Pflanzenformen unter Anwendung aller Hülfsmittel zur leichtesten Auffindung des zu einer Pflanze gehörigen Namens.“ Wenn wir einmal wieder ein solches Werk im Linné'schen Geiste geschrieben erhielten, müsste es eben so wie zu seiner Zeit *Linne's Spec. plantarum* als unverbrüchliches Gesetz für alle Botaniker dastehen und Abweichung von demselben müsste mit der einzigen in der Wissenschaft möglichen Strafe, mit allgemeinem Ignoriren bestraft werden. Dann wäre für keinen Botaniker mehr Veranlassung oder Gelegenheit vorhanden, seine Zeit, wie jetzt nur zu oft geschieht, mit Lappalien auszufüllen. Dass die allgemeine Einstimmigkeit, die *Linné* sehr bald erzwungen hatte, längst ver-

schwunden, dass jeder dürftige Kopf, der ein paar Hundert getrocknete Pflanzen zusammengebracht, sich berufen glaubt, die Wissenschaft im Grossen oder Kleinen zu reformiren und das, was Andere vor ihm gethan, missachten und umwerfen zu dürfen, ist eine nur zu traurige Wahrheit. Die Schuld liegt aber nicht allein daran, dass unsere Zeit keinen *Linné* hat, der im Stande wäre, Allen zu imponiren, sondern in dem viel wesentlicheren Mangel unserer Zeit an Pietät gegen die Wissenschaft.

9. Der eigentlich wissenschaftliche Theil unserer Aufgabe enthält aber die vollständige Specification der Bildungstriebe und der mit denselben verbundenen Naturtriebe. Für beide ist der Stoff, nicht die Masse die Substanz und wir erhalten als erste Aufgabe genaue Kenntniss der einfachen und zusammengesetzten Stoffe, welche der Pflanze zum Grunde liegen = Vegetabilische Stofflehre.

Auch im Krystall ist ein Bildungstrieb thätig, aber die organischen Bildungstriebe sind gerade dadurch wesentlich von den unorganischen verschieden, dass sich mit ihnen ein im periodischen Wechsel sich selbst erhaltendes Spiel von Wirkungen und Gegenwirkungen als eines Naturtriebes verbindet. Daraus geht die Eigenthümlichkeit hervor, dass der Krystall nur eine Geschichte des Entstehens, der Organismus aber auch eine Geschichte seines Bestehens hat, indem seine Gestalt entweder in Hinsicht ihrer Zeichnung (bei den Pflanzen), oder in Hinsicht der die Gestalt bildenden Stoffe einer fortlaufenden Veränderung unterworfen ist. Insbesondere muss uns dies bei den Pflanzen auffallen, wie schon oben erwähnt, und so wird unsere zweite Aufgabe nicht eine Kenntniss fester Gestalten, sondern

„Eine vollständige Kenntniss aller Entwicklungsreihen in der Pflanzenwelt = Morphologie.“

Endlich zeigt sich uns auf der andern Seite auch das Spiel der physikalischen Kräfte, wie es als Naturprocess sich mit dem bildenden Triebe vereinigt hat, auf eigenthümliche Weise durch denselben modificirt und verwickelt. Bei beständigem Wechsel von Stoff und Gestalt wechseln natürlich auch fortwährend die den Stoffen eigenthümlichen Combinationen der Grundkräfte oder das Verhältniss derselben zu den verschiedenen Gestalten der Stoffe. Es bleibt uns also die dritte Aufgabe zu lösen:

Alle Erscheinungen, welche uns am Pflanzenorganismus entgegentreten, auf die ihnen zu Grunde liegenden physikalischen und chemischen Erscheinungen zurückzuführen = Organologie.

Die im Vorigen gestellten Aufgaben umfassen das ganze Gebiet der Inductionen, sie bilden den allgemeinen Theil der Botanik. Die so gewonnenen Resultate geben dann vereinigt und systematisch entwickelt, das natürliche Pflanzensystem, zu welchem bis jetzt noch wenige Vorarbeiten vorliegen, und welches den zweiten oder speciellen Theil der Botanik ausmacht. Vom allgemeinen Theil trenne ich aber aus methodischen Rücksichten noch eine besondere Lehre: die Lehre von der Pflanzenzelle, worüber unten noch zu reden ist.

10. Es ist ein alter Schlendrian aller wissenschaftlichen Entwickelungen, ein Capitel über den Nutzen der Wissenschaft vorauszuschicken. In neuerer Zeit hat man dieses Capitel meist weggelassen, die Sache mit dem sehr allgemeinen und vagen und eben nur deshalb wahren Satze abfertigend, dass das Wissen seinen Werth in sich habe und nicht einer äusseren Nützlichkeit bedürfe. Diesen Satz kann man aber nur insofern zugeben, als von dem Wissen als gemeinem Erwerbmittel die Rede ist, wo die Frage nach dem Nutzen desselben allerdings eine schmuzige Seele verräth. In anderer Beziehung müssen wir aber doch jedes Wissen für Zeitvergeudung und für unwürdig des Menschen erklären, welches seiner Natur nach nichts als Wissen seyn kann und weder dazu dient, unsere Einsicht zu fördern, unsern Ideenkreis aufzuhellen und unsern geistigen Horizont zu erweitern (vergl. unten §. 3. Nr. 2.), noch auch uns dem eigentlichen Hauptziel aller menschlichen Bildung, der ethischen Vollendung, näher zu führen. Es giebt aber noch eine andere Stellung der Frage nach dem Nutzen einer Wissenschaft. Im ganzen Zusammenhange der Geschichte der Menschheit entwickeln sich die einzelnen Disciplinen nur ganz allmälig und mit wechselndem Glück die eine von der andern bald gefördert bald gehemmt. So giebt es denn für jede einzelne Disciplin eine Orientirung über den Standpunkt, den sie in Beziehung zu allen andern ihr verwandten Disciplinen einnimmt; aus dieser Orientirung entwickelt sich eine Beurtheilung der zunächst für sämmtliche Disciplinen zu lösenden Aufgabe, um den Einzelnen weitere bedeutende Fortschritte möglich zu machen und endlich eine Bestimmung, welche einzelne Disciplin augenblicklich gerade berufen sey, jene Hauptaufgabe zu lösen. — So können wir einer Disciplin ihre Nützlichkeit und die

Nothwendigkeit ihrer ernsten und sorgfältigen Bearbeitung in Bezug auf die allgemeine Fortbildung der Culturgeschichte bestimmen, ihr ihren Beruf für die Zeit nennen und so, indem wir die besten Kräfte für sie aufrufen, nicht nur ihr forthelfen, sondern auch allen den Disciplinen dienen, deren augenblickliche Förderung gerade von dem Fortschritt dieser Einzelnen abhängig ist.

Einen solchen Beruf scheint mir nun die Botanik für die nächste Zeit auch zu haben. Sie ist lange genug hinter aller Wissenschaftlichkeit zurückgeblieben, als dass sie nicht Ursache genug hätte, durch bedeutende Leistungen sich wieder eine Achtung gebietende Stelle in den Naturwissenschaften zu erstreben. Ich finde ihre Aufgabe in dieser Beziehung in Folgendem:

Die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Geschichte der Menschheit ist zwiefach, einmal die scharfe Grenzlinie zwischen natürlicher Weltansicht und ästhetischer Beurtheilungsweise und zweitens eben so scharf die Grenze zwischen geistigen und körperlichen Weltansichten zu ziehen. Diese Bedeutung, die nur wenige grosse Denker auf philosophischem Wege klar gefasst und deutlich ausgesprochen haben, wird von der grössern Menge erst dann verstanden und anerkannt werden, wenn sie auch inductorisch gerechtfertigt ist. Zunächst wird es aber in dieser Beziehung wichtig werden, dass die von *Fries* zuerst klar ausgesprochene Aufgabe, den organischen Process auf rein körperliche Gegenwirkungen zurückzuführen, inductorisch festgestellt und dadurch Gemeingut Aller werde, damit die Verbindung zwischen Geist und Körper nicht mehr selbst die Gescheidteren zuweilen äfft und den confusen Köpfen Anhaltepunkte gewährt, ihre bunten Träume daran zu knüpfen. Diesem Ziele eilt die Wissenschaft der organischen Naturkörper unaufhaltsam zu, wie sich das aus den Arbeiten der leitenden Geister im Verlaufe dieses Jahrhunderts klar ergiebt. Nun steht das Eigenthümliche im Naturprocesse der Organismen im engsten Zusammenhange mit der eigenthümlichen Natur der Stoffe, welche den Organismus zusammensetzen *). Gerade die allgemeiner verbreiteten und wichtigsten sind aus den Elementen auf eine solche Weise zusammengesetzt, dass bis jetzt die Chemie an dem Versuch scheiterte, auch nur einen einzigen der allergewöhnlichsten Stoffe aus seinen Elementen zusammenzusetzen oder aus rein anorgani-

*) Vergl. *Valentin* Physiol. Einl.

schen Verbindungen zu erzeugen. Gleichwohl würde durch Eine Solche Darstellung derselben eine kaum zu widerlegende Induction gegeben werden für die Wahrheit, dass in den Organismen durchaus keine andern Grundkräfte thätig sind, als in der unorganischen Natur. Diese Umbildung unorganischer in organische Stoffe können wir aber nirgends so sicher der Natur abzulauschen hoffen als in der Pflanze, wo dieser Process gewiss am allereinfachsten, vielleicht ausschliesslich vor sich geht. Die klare Einsicht in den Process, wodurch von der Pflanze ein einziges Aequivalent Stärke oder Gummi oder Zucker aus kohlensaurem Wasser gebildet wird, würde plötzlich Chemie und Physiologie mit Riesenschritten fördern und beiden Wissenschaften eine ganz neue Gestalt verleihen.

§. 3.

Methodik oder über die Mittel zur Lösung der Aufgaben in der Botanik.

Vergleichen wir die morphologischen Naturwissenschaften mit den physikalischen Theorien, so müssen wir uns gestehen, dass erstere in jeder Hinsicht unendlich weit zurück sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nun allerdings zum Theil in dem Gegenstande, dessen verwickeltere Verhältnisse sich noch am meisten der mathematischen Behandlung entziehen, aber grossentheils ist auch die grosse Nichtachtung methodologischer Verständigung daran schuld, indem man sich einerseits durchaus nicht um scharfe Fassung der leitenden Principien bekümmert, andererseits selbst die allgemeinsten und bekanntesten Anforderungen der Philosophie hintangesetzt hat, weil bei dem weiten Abstande ihrer allgemeinen Aussprüche von den Einzelnheiten, mit denen sich die empirischen Naturwissenschaften beschäftigen, die Nothwendigkeit ihrer Anwendung sich der unmittelbaren Auffassung entzog. So sind gar viele Arbeiter in dieser Beziehung durchaus nicht mit ihrer Aufgabe verständigt und die Fortschritte in der Wissenschaft hängen oft rein vom Zufall ab. In der *amabilis scientia* aber ganz besonders hat man sich so sehr an das spielende Zusammenwürfeln vieler unverbundener Thatsachen gewöhnt, dass die allercrassesten Versündigungen gegen die Anforderungen der Logik kaum auffallen und das Wissenschaftliche in der Behandlung oft ganz und gar verloren gegangen ist. Das Schicksal eines

Lehrbuchs der Arithmetik, welches mit dem Satz anfinge: 1 mal 1 ist 2, kann man leicht voraussagen. In der Botanik ist Aehnliches etwas nicht Seltenes und thut auch dem Werth des Buches keinen Abbruch. Einer unserer ausgezeichnetsten Botaniker hat ein Handbuch der Botanik geschrieben, welches in seiner Zeit mit zu den vortrefflichsten gehörte und noch jetzt viel Brauchbares enthält. Aber an die Spitze stellt er den Satz: „Jede Pflanze entsteht entweder aus einem Embryo, oder aus einer Blattknospe.“ Der Satz ist einmal falsch, denn alle Kryptogamen entstehen weder aus einem Embryo noch aus einer Blattknospe, und dann ist er ganz leer und nichtssagend, denn sowohl Embryo als Blattknospe sind schon vollständige Pflanzen im unentwickelten Zustande; über den Ursprung der Pflanzen ist also damit gar nichts gesagt. Man sollte nun meinen, ein solches an die Spitze gestelltes Princip müsste einen wesentlich nachtheiligen Einfluss auf alles Folgende ausüben, aber keineswegs, selbst die Irrthümer, die etwa vorkommen, stehen mit diesem Satz in keinem Zusammenhang. Aus der Entwickelung der Knospe oder des Samens leitet derselbe dann richtig die Wurzel, den absteigenden Theil (der kann aber bei der Knospe nicht vorkommen, denn das untere Ende der Knospe verlängert sich nie) und den Stengel oder aufsteigenden Theil ab. Nun wird im Folgenden frischweg von der Wurzel der Kryptogamen, vom *stipes* der Pilze, vom *thallus* der Lichenen gesprochen, aber Niemand erfährt, woher denn die Dinge mit einem Male kommen und was sie für eine Bedeutung haben. Was gesagt wird, ist zwar meistens ganz richtig, steht aber da wie aus den Wolken gefallen.

Ein anderer Schriftsteller tadelt auf der einen Seite *Mirbel*, der nicht an die ursprüngliche Duplicität der Zellenwände glauben will, sondern die Zellen in einer gleichförmigen Masse entstehen und die Wände zwischen zweien erst nachher durch ungleiches Erhärten doppelt werden lässt, auf der andern Seite leitet er die Vermehrung der Pflanzenzellen aus dem Hineinwachsen einer homogenen Scheidewand in vorhandene Zellen ab, wo die spätere Duplicität sich doch nur auf Mirbel'sche Weise, also durch einen baaren Widerspruch erklären lässt. Ja bei all unsern Handbüchern, die Alles aus Zellen bestehen lassen und wo ein Langes und Breites über Zellennatur und Zellenleben gesprochen wird, finden wir kein Wort über die Entstehung der Pflanzenzelle, worauf doch bei der ganzen Sache zunächst Alles ankommt, ehe von irgend einer weiteren Betrachtung nur die Rede seyn kann. Derselbe Schriftsteller, der

die ganze Aufnahme des Nahrungssaftes bei der Pflanze aus der Wurzel durch Endosmose erklärt, kämpft gegen die Wurzelausscheidung, ohne zu bedenken, dass Endosmose ohne Exosmose gar nicht existiren kann.

Dieser Mangel hat ganz entschieden seinen Grund in der unvollkommenen Vorbildung, mit welcher insbesondere die meisten Botaniker zu ihrer Arbeit herantreten, eine Unvollkommenheit, die darin begründet ist, dass die Wenigsten wissen, was eigentlich ihre Aufgabe und wie dieselbe zu lösen sey. In dieser Beziehung habe ich eben versucht, in gegenwärtiger methodologischer Einleitung einige Andeutung zu geben. Dazu war zunächst eine allgemeine Orientirung nothwendig, die nur von Seiten der Philosophie gegeben werden konnte *), dann eine Erörterung über die Wissenschaft selbst, ihren Gegenstand und ihre Aufgaben, und nun mögen noch einige Bemerkungen folgen über die Art und Weise, wie man sich allein mit Sicherheit der Lösung der Aufgabe nähern kann.

1. Als die allein richtige Methode habe ich schon in der Einleitung die inductive bezeichnet. Hier ist nun näher zu bestimmen, was darunter zu verstehen sey. Ihre wesentliche Eigenthümlichkeit, worin eben die Sicherheit der durch sie gewonnenen Resultate begründet ist, besteht darin, dass man mit V e r w e r f u n g j e d e r H y p o t h e s e o h n e a l l e A u s n a h m e (z. B. auch der Hypothese einer besondern Lebenskraft) von dem unmittelbar Gewissen der Wahrnehmung ausgeht, durch dieselbe sich zur Erfahrung erhebt, indem man die einzelne Wahrnehmung mit dem anderweit schon Festgestellten in Verbindung setzt, aus Vergleichung verwandter Erfahrungen durch Induction bestimmt, ob sie unter einem Gesetze und unter welchem sie stehen und so fort, indem man mit den so gefundenen Gesetzen eben so verfährt, rückwärts fortschreitet, bis man bei sich selbst genügenden, mathematischen Axiomen angekommen ist. Wir haben hier also zweierlei zu sondern und für sich zu betrachten:

a. Die Thatsachen und die Mittel, dieselben festzustellen,

b. die Induction, durch welche wir aus den Thatsachen Gesetze ableiten.

2. Die Sammlung der Thatsachen umfasst zweierlei, Autopsie und

*) Insbesondere empfehle ich hier noch zum gründlichen Studium den mit meisterhafter Vollendung gearbeiteten Abschnitt der angewandten Logik in *Fries's* Syst. d. Logik, 3te Aufl. S. 240, worauf ich auch für alle allgemeineren methodischen Regeln verweisen muss.

Zeugniss. Zunächst ist hier die allgemeine Regel zu geben, dass in allen naturwissenschaftlichen Disciplinen Selbstsehen die wichtigste Anforderung ist. Zu viele eigene Beobachtungen kann nie Jemand machen, zu wenige dagegen treten uns nur gar zu oft als die Veranlassung zu falschen Ansichten, schiefen Auffassungen und einseitigen Hypothesen entgegen.

Das Kantische Gesetz der Immanenz aller menschlichen Erkenntniss specificirt sich hier im einzelnen Falle der Anwendung so, dass wir ein todtes unbrauchbares Wissen von dem lebendigen und von uns vollständig beherrschten unterscheiden. Jede naturwissenschaftliche Disciplin setzt als ihre Grundlage Anschauung voraus und nur durch eigne Anschauung sind wir im Stande, sicher die Thatsachen zu beherrschen und sie zur Wissenschaft zu verarbeiten. Nicht Bücher, sondern Pflanzen sind der Gegenstand der Botanik, nicht Papier und Druckerschwärze, sondern die Naturkörper und die an ihnen vorgehenden Processe selbst sind der Stoff, welcher zur Wissenschaft verarbeitet werden soll. Nichts kann hier die Anschauung vollständig ersetzen und für den, der nicht hohe allgemeine Bildung und gründliche Kenntniss des einzelnen gerade in Frage stehenden Zweiges mit hinzubringt, ist sogar das Lernen aus Büchern nicht blos unnütz, sondern geradezu schädlich.

Unsere Erkenntnisskraft ist so eingerichtet, dass sie alle anschaulichen Elemente, die sie verbraucht, der Anschauung selbst entlehnen muss, die sogenannte Einbildungskraft ist völlig unfähig zu Anderm, als schon aufgenommene Anschauungen umzuordnen, anders zu combiniren, neue Zusammensetzungen bekannter Elemente zu machen; sie kann kein einziges Element der Anschauung, auch nicht das unbedeutendste, suppliren, wenn es etwas Anderes enthält oder enthalten soll, als die reine Beziehung zum Raum, die geometrische Construction, die einer Erkenntnisskraft *a priori* der reinen oder mathematischen Anschauung angehört. Ein gar grosser Theil des vielen Falschen, was man besonders in botanischen Handbüchern findet, nimmt seinen Ursprung aus dieser Quelle. Leute meinen, wenn sie einige der bessern Bücher über Anatomie und Physiologie durchstudirt, sie wären nun mit der Sache vertraut und könnten darüber mitsprechen, wohl gar combinirend darauf weiter fortbauen. Und doch muss man ihnen entgegnen, dass sie von diesen Dingen noch gar nichts wissen. Es ist das oben so genannte todte Wissen, welches völlig unnütz ist. Sie wissen wohl, was dieser oder jener über die Sache gesagt hat, aber wie die Sache selbst ist, worauf es

doch allein ankommt, wissen sie nicht und können sie auf diesem Wege nie erfahren. Ueber Gegenstände der körperlichen Naturwissenschaften beherrscht Einer gerade nur so viel Thatsachen, als er selbst beobachtet hat, alles Andere kann er entweder gar nicht oder nur, wo es mit seinem schon gesicherten Wissen zusammenschliesst, doch nur mit grosser Vorsicht anwenden. Die wegwerfenden Aeusserungen *Liebig's* über unsere Wissenschaft waren nur zu gegründet, wenn man die Arbeiten vieler Botaniker ansieht, und *Liebig* beging nur den Fehler, dass er an einen ganzen Stand und die Wissenschaft statt an einzelne zu nennende Individuen seine Schmähungen addressirte, und wahrlich wenn man in einem Buche von solchen Männern wie *Unger* und *Endlicher* die Capitel über Stärkemehl, über Pflanzenfarben u. s. w. liest, so ist es schwer, ferner mit gutem Gewissen die Vertheidigung der Wissenschaft gegen *Liebig* zu übernehmen. Bücher haben jene Männer genug excerpirt, wenn auch ohne sie zu nennen. Aber Anschauung haben sie für die wenigsten Gegenstände mit hinzugebracht und somit auch kein Urtheil; weshalb sie oft auf die allerseltsamste Weise die Sachen verdrehen und missverstehen. Es herrscht aber noch ziemlich allgemein ein Vorurtheil für diese ganz unnütze und unfruchtbare Bücherweisheit, durch welches geführt man z. B. *Hegel* grosse umfassende positive Kenntniss zugeschrieben hat, weil er entsetzlich viele Bücher gelesen; aber wenigstens in den Naturwissenschaften war *Hegel* über alle erlaubten Grenzen hinaus unwissend, denn da er nicht einen einzigen Zweig derselben wirklich selbst bearbeitet hatte, las er jene Bücher ohne Kritik und ohne Urtheil und las oft selbst Dinge heraus, die gar nicht darin standen.

Diese Regel des Selbstsehens, des Selbsterfahrens gilt aber im Grossen wie im Kleinen. Nicht nur in einer ganzen Disciplin muss Einer selbst gearbeitet, selbst beobachtet haben, wenn er darüber mitsprechen will, sondern auch in jedem einzelnen Zweig muss er selbst ganz specielle Untersuchungen anstellen, wenn ihm die verwandten Arbeiten Anderer verständlich und von Nutzen seyn sollen.

Für den Schüler müssen wir empfehlen, dass er sich unter Anleitung eines Lehrers einen Ueberblick über den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft erwerbe, dann aber sogleich unter Leitung des Lehrers oder ausgezeichneter Werke an das Selbstbeobachten gehe. Dieses allein ist Studium, ist Fleiss, das Andere, die Kenntniss der Bücher und ihres Inhalts höchstens eine nützliche Nebenbeschäftigung.

Dem Lehrer dagegen müssen wir als unerlässliche Bedingung eines fruchtbringenden Vortrags vorschreiben, dass er so wenig wie möglich erzähle, so viel wie möglich demonstrire, in der Natur vorzeige und um so mehr Zeit auf eine gründliche Anleitung zur Kunst des Sehens verwende, als gar häufig bei unsern weisen Schuleinrichtungen ein reifer Primaner weniger Fähigkeit hat, anschauliche Gegenstände scharf und bestimmt aufzufassen, als ein ohne Unterricht umhergelaufener Bauernjunge.

3. In den körperlichen Wissenschaften führen uns die Sinne die einzelnen Thatsachen zu und es giebt eine eigne Kunst, die Sinne zu gebrauchen. Der canadische Wilde sieht mehr und besser, als der tiefsinnigste deutsche Gelehrte vermag, unterscheidet Naturtöne schärfer und auf weitere Entfernungen, als der gebildetste Tonkünstler u. s. w. Hier ist es die Uebung von Jugend auf, die dem Wilden diese Ueberlegenheit giebt. Aber hierfür wie für jede Kunst giebt es eine theoretische Anleitung, die uns die Aneignung der Kunst erleichtern kann.

Bei den Naturwissenschaften kommt es besonders auf die Kunst des Sehens an und dafür will ich hier einige Entwickelungen zu geben suchen, leicht wird sich dies durch die Analogie auf die andern Sinne anwenden lassen.

Nichts wird dem Menschen schwerer, als ein Gut in seinem ganzen Umfange und in allen seinen Folgen richtig zu erkennen und zu würdigen, in dessen ungestörtem Besitz er sich von Jugend auf befunden hat. So ist es mit dem Auge, mit dem Sehen. Wir nehmen die ganze Welt der Anschauungen, wie sie uns durch diesen wunderbaren Sinn eingeleitet wird, so ganz unbefangen hin, ohne uns im Geringsten darüber zu verständigen, wie viel oder wie wenig von der Gesammtmasse unserer Erkenntnisse wir diesem Sinne verdanken; ja wenn wir einmal anfangen, hier ordnen und abtheilen zu wollen, so schieben wir meist einen viel zu grossen Theil auf die Seite des Sinnes, weil wir ihm auch alles das zuschreiben, was durch ihn zwar veranlasst und eingeleitet wurde, aber doch nicht von ihm allein uns gegeben ist. Welch ein grosser Antheil von dem, was wir im gewöhnlichen Leben sehen nennen, nicht dem physiologischen Process, sondern einer hinzutretenden psychischen Thätigkeit angehört, wird von den Wenigsten unterschieden. Eben so wenig scharf sind die Unterscheidungen zwischen den physiologischen und physikalischen Bedingungen des Sehens, und gleichwohl ist es klar,

dass wir hier streng sondern müssen, wenn wir die Gültigkeit der mit dem Gesichtssinn aufgefassten Thatsachen beurtheilen, die Quellen etwaiger Irrthümer finden wollen. „Für die Kenntniss der Natur ist der Mensch ein Zögling des Auges. Nur das Sehen führt uns über die Oberfläche der Erde hinaus zu den Gestirnen, und auch auf der Erde führt dieser Sinn uns die meisten Anschauungen aus den grössten Entfernungen mit der grössten Leichtigkeit der Auffassung zu. Sehend allein vermögen wir die Gegenstände aus der Entfernung mit bestimmter räumlicher Unterordnung zu erkennen. Der Sehende fasst das ganze Leben der Natur durch Licht und Farbe; das Auge ist unser Weltsinn" *). Aber seine Welt ist auch nur allein die Welt des Lichtes und der Farben. Jedem Sinnesnerven kommt eine specifische Empfänglichkeit zu, oder vielleicht richtiger ausgedrückt eine Kraft, seinen Zustand der Reizung unter einer ganz bestimmten Form im Sensorio zum Bewusstseyn zu bringen. Den elektrischen Strom fühlen wir in den Fingern, wir schmekken ihn auf der Zunge, hören ihn im Ohr, sehen ihn im Auge. Licht und Farbe kommt uns zum Bewusstseyn, mag das Auge nun vom andrängenden Blute berührt, vom Finger gedrückt, vom galvanischen Strom getroffen, oder von den Wellen des Aethers erschüttert werden. Ja selbst die vom Gehirn aus durch Fieberphantasien oder Traumbilder auf den Augennerven fortgepflanzten Schwingungen treten uns als ä u s s e r e s Licht, als ä u s s e r e Farbenerscheinungen entgegen. So ist die allgemeinste Grundlage für die Theorie des Sehens, dass jeder Zustand der Reizung des Sehnerven uns als Licht, der Zustand der Ruhe aber als Dunkel, wie wir es nennen als schwarz, erscheint. Unter den verschiedenen Zuständen der Reizung geben sich aber noch bestimmte Unterschiede kund, indem sie sich einmal quantitativ nach allen Abstufungen zwischen Schwarz durch das Grau zum Weiss oder zum Lichte, das anderemal nach qualitativen Unterschieden nach den verschiedenen Phasen des Farbenkreises abstufen. Für die einfache Empfindung einer bestimmten Intensität des Lichtes oder einer einzelnen Farbe würde nun offenbar eine einzelne der Reizung ausgesetzte Nervenfaser genügen, und so finden wir es wahrscheinlich bei einigen niedern Thieren, nicht aber wenn wir neben einander gleichzeitig bestimmt unterschiedene Lichtintensitäten oder verschiedene Farbenerscheinungen auffassen sol-

*) *Fries*, Handbuch der psychischen Anthropologie. Jena, 1820. S. 114.

len. Hierzu bedarf es einer grössern Anzahl von Nervenfasern, von denen jede einzelne einen besondern Eindruck isolirt dem Gehirn zu überliefern vermag, wie wir es im Bau des Auges der höhern Thiere und des Menschen finden. Beim letztern ist es die Netzhaut hinter dem optischen Apparat des Auges, in welche sich die empfindenden Fasern ausbreiten. Ueber den Bau derselben ist man noch keineswegs völlig aufgeklärt *), aber aus dem jetzigen Zustand der Nervenphysik dürfen wir die Gültigkeit des Gesetzes, dass jede einzelne Primitivfaser nur gleichzeitiger Fortleitung eines einzigen Eindrucks fähig sey, wohl ohne Bedenken auch für die Fasern des Sehnerven voraussetzen. Dafür spricht noch folgender Umstand wie es scheint unwiderleglich.

E. H. Weber in Leipzig hat nach genauen Messungen den Durchmesser der Fasern zu $\frac{1}{8000}$ bis $\frac{1}{8400}$ P. Z. bestimmt. Nun werden durchschnittlich zwei Punkte nicht mehr als gesondert vom Menschen unterschieden, wenn der Gesichtswinkel, d. h. der Winkel, den zwei Linien vom Mittelpunkte des Auges nach den beiden Punkten gezogen mit einander machen, kleiner als 40″ ist. *Smith* hat aus dieser Thatsache berechnet, dass zwei Eindrücke auf die Netzhaut nicht mehr als gesondert empfunden werden, wenn ihre Entfernung von einander auf der Netzhaut weniger als $\frac{1}{8000}$ P. Z. beträgt, was merkwürdig genau mit den Weber'schen Messungen übereinstimmt. *Treviranus*, *Baer* und *Volkmann* haben zwar dieses Resultat in Zweifel ziehen wollen aus Versuchen, die ergeben, dass man Gegenstände, z. B. schwarze Punkte auf einer weissen Tafel noch aus Entfernungen erkennen könne, bei denen der Gesichtswinkel kleiner sey als 40″. Indess ist offenbar, dass das die Sache gar nicht trifft. Dass die Nervenfaser einen Eindruck fortpflanzt und zum Bewusstseyn bringt, der nicht ihre ganze Oberfläche trifft, ist daraus allerdings ersichtlich, aber nicht dass sie auch im Stande sey, zwei verschiedene Eindrücke als gesondert fortzupflanzen, wenn sie von beiden gleichzeitig getroffen wird. Es folgt vielmehr aus den Weber'schen Messungen und Smith'schen Berechnungen unmittelbar, dass jede einzelne Faser nur einen einzelnen Punkt des Bildes repräsentirt.

„Sehen wir nun rein körperlich auf das, was zum eigenthümlichen Reiz der Sehnerven dient (wir lassen natürlich hier die subjectiven Licht-

*) Man vergleiche *Henle's* Allgem. Anatomie S. 656—669. 783—788.

erscheinungen, deren wir oben erwähnt, bei Seite), so verschwindet uns plötzlich der ganze Glanz des Lichtlebens und es bleibt nur ein Spiel von Bewegungen einer uns noch unbekannten, Alles erfüllenden Materie, des Aethers, deren Gesetze die optischen Wissenschaften berechnen" *). Das glänzende Schauspiel des Regenbogens, die prachtvolle Farbe des Schmetterlings ist nichts als das regelmässige und einförmige Anschlagen bestimmter Wellen einer farblosen gleichgültigen Flüssigkeit, des Aethers, an unsere Augennerven.

Ich muss hier die allgemeinen physikalischen Bedingungen des Sehens, insofern sie auf dem gradlinigen Fortschreiten der Lichtwellen, auf der allseitigen Verbreitung des zerstreuten oder unregelmässig reflectirten Lichtes, auf Brechungsgesetzen beim Durchgang durch verschiedene Medien und der darauf beruhenden Möglichkeit, dass alle selbstleuchtenden Punkte gesondert und neben einander in derselben Ordnung repräsentirt, hinter dem optischen Apparat des Auges auf der Retina erscheinen, hier als aus der Physik bekannt voraussetzen **).

Wir müssen hier aber nothwendig genau sondern, und dass dies bis jetzt nicht geschehen ist, hat viele Irrthümer in die Lehre vom Sehen gebracht. Sollen wir durch Beobachtung zu irgend einem Resultat kommen, so ist es durchaus nöthig, dass wir uns das ganze Experiment in alle seine einzelnen Theile zerlegen, grade wie es der Mechaniker macht, wenn er die Fehler einer Maschine kennen lernen will, und dass wir dann bei jedem einzelnen Theil die eigenthümliche Sphäre des Irrthums bestimmen. Nur auf diese Weise können wir dahin gelangen, auch den möglichen Irrthum unserer Berechnung unterwerfen und somit aus den gesammten Resultaten eliminiren zu können.

Dreierlei ist beim Sehen zu unterscheiden:

A. Die physikalischen Bedingungen oder die Natur des Lichts und die darauf beruhende Sichtbarkeit der Körper und der rein optische Apparat in unserm Auge. Aus diesen Verhältnissen können keine Fehler hervorgehen, da hier Alles auf ausnahmslosen mathematischen Gesetzen beruht, aber wohl ist eine genaue Kenntniss dieser Gesetze unerlässlich für den, der sehen und sehend wissenschaftlich erkennen will. Wer

*) *Fries,* psychische Anthropologie I, 115.

**) Man vergleiche hierüber die classische Darstellung in *Joh. Müller's* Physiologie Bd. II. S. 276—300.

über Gegenstände, die nach optischen Gesetzen zu beurtheilen sind, mitspricht, muss dieselben kennen *).

B. Die physiologischen Bedingungen, oder die Nervenphysik in Bezug auf den Sehnerven und die pathologischen Zustände, welche der gesunden Thätigkeit des ganzen Sehapparats Abbruch thun können. An jeden wissenschaftlich gebildeten Naturforscher muss man die Anforderung stellen, dass ihm die Resultate der neuern Nervenphysik, so weit sie den Sehnerven betreffen oder auf denselben Anwendung leiden, nicht unbekannt sind, so dass er sich dieser Kenntniss zur Beurtheilung der Lehre vom Sehen bedienen kann. Aber eben so wichtig ist es, auch die pathologischen Phänomene zu kennen, welche störend auf die Function des Sehens einwirken können. Ich will hier nur einen Gegenstand berühren, der selbst in neuster Zeit in Büchern, die grade über die Anwendung des Mikroskops belehren, mangelhaft behandelt ist, nämlich die sogenannten „*mouches volantes.*" Man muss hier zweierlei wesentlich unterscheiden:

Das Erste sind die schleimigen Absonderungen der Meibom'schen Drüsen auf der innern Fläche des obern Augenlides. Diese erschienen als mehr oder weniger lange, wurmförmig gekrümmte Fäden von kleinen aneinandergereihten Kügelchen, die bei ruhiger Stellung des Auges und aufrechtem Kopfe allmälig von Oben nach Unten über das Sehfeld

*) In einer Sitzung der *Société philomatique* im Jahre 1840 trug ein Herr *Roulins* eine Theorie über das Weisswerden der Haare vor, welches er aus dem Verschwinden des flüssigen Inhalts und dem Ersatz durch die Luft erklärte; dagegen opponirte sich ein Herr *Doyère*, indem er meinte, dass dann die Haare durchsichtig und nicht weiss werden müssten. Ist es nicht unglaublich, dass in einer solchen Societät dergleichen vorkommen kann? Es ist eine der bekanntesten optischen Erscheinungen, dass durchsichtige Gegenstände in fein vertheiltem Zustande mit Luft vermischt schneeweiss erscheinen, weil bei dem öftern Wechsel der Media das Licht vollständig reflectirt wird. In allen botanischen Handbüchern steht ganz ernsthaft die Phrase: „die Spiralgefässe zeichnen sich insbesondere durch eine silberweisse Farbe aus." Dabei wird völlig ignorirt, dass unterm Mikroskop meist die Spiralfaser gegen die daneben liegende Zellwand schwach gelb gefärbt erscheint, sonst aber völlig durchsichtig ist. Die Spiralgefässe erscheinen allerdings weiss, wenn man sie auf der Schnittfläche eines Pflanzentheils betrachtet, weil sie Luft enthalten, aus demselben Grunde, wie die weissen Haare; lässt man einen solchen Schnitt sich voll Wasser saugen, so ists aber mit dem angeblichen Silberglanz vorbei, grade wie bei pulverisirtem Glas, auf welches man Wasser giesst.

herabsinken und zuletzt verschwinden. Wenn sie beinahe unten angekommen sind, kann man sie durch eine rasche Bewegung des Augapfels nach Oben wieder etwas in die Höhe schnellen, zuletzt aber versinken sie völlig unter dem untern Augenlid. Diese Erscheinung findet bei gar vielen Menschen statt, vermehrt sich nach kleinen Unordnungen in der Diät und wird bei gewöhnlicher Beobachtung durch das vertical stehende Mikroskop sehr störend, weil sich jene Absonderungen bei der dazu nothwendigen Stellung des Kopfes auf der Mitte des Augapfels, also grade vor der Pupille ansammeln, ohne abzufliessen. Eine kurze Aufrichtung des Kopfes entfernt sie, oder Beobachtung mit dem horizontal gestellten Mikroskop macht sie unschädlich.

Das Zweite aber sind die ächten „*mouches volantes*“. Dies sind kleine schwarze Flecke (Kügelchen), die in verschiedener, aber immer constanter Richtung sehr rasch vor den Augen vorüberfliegen. Ihre Erscheinung ist stets ein Symptom einer nicht unbedeutenden Augenkrankheit, welche in einer leichten Entzündung und in einer ungewöhnlichen Empfindlichkeit des Augennerven besteht. Dieser wird dadurch in den Stand gesetzt, die vom gesunden Sehnerven nicht empfundenen Schatten der (wegen jener leichtern Entzündung vielleicht häufigern) Blutkügelchen in den Verzweigungen der *Arteria centralis retinae* wahrzunehmen. Wer dieses Uebel an sich beobachtet, muss augenblicklich für einige Tage den Gebrauch des Mikroskops aussetzen, und überhaupt jede heftige Anstrengung des Auges, besonders auch Arbeiten bei sehr hellem Feuer, oder bei strahlender Wärme aussetzen, wenn er sein Sehvermögen nicht in Gefahr setzen will.

C. Die psychologischen Bedingungen oder der Anfang des Erkennens in der Sinnesanschauung. Hier ist grade der Punkt, wo ich die Meisten, die bisher über das Sehen geschrieben, für mangelhaft orientirt halte, und gleichwohl ist dies grade der wichtigste Punkt, weil hier fast ausschliesslich die Quelle aller Irrthümer zu suchen ist. Der Hauptfehler ist nämlich hier der: Was wir gewöhnlich Sehen nennen, ist nicht Thätigkeit des Sinnes, der Nerven oder des Gehirns, sondern Selbstthätigkeit der Vernunft als Erkenntnisskraft, die nur durch den Sinn zur Aeusserung ihrer Thätigkeit angeregt wird. Wir sehen, d. h. wir erkennen sehend nicht die Erregung des Sehnerven, nicht das Bild auf der Netzhaut, nicht die Aetherschwingungen, sondern L i c h t u n d F a r b e n i n b e s t i m m t e r r ä u m l i c h e r N e b e n o r d n u n g a u s s e r u n s. Jede durch die äussern

Sinne angeregte Erkenntnissthätigkeit giebt zur sinnlichen Anregung mit Nothwendigkeit die Beziehung auf den Raum, die Construction im Raume hinzu. Bilder, Gestalten sehen heisst sie in den Raum hineinconstruiren; aber der Sinn construirt nicht und kann nicht construiren, sondern die mathematische Anschaunng. Vom Sinne empfangen wir nichts als gleichzeitige Empfindungen verschieden erleuchteter und verschieden gefärbter Punkte. Als im äussern Raum befindlich fasst sie die Erkenntnissthätigkeit unmittelbar auf, aber da vom Sinne keine Entfernungen mitgegeben sind und gegeben werden können, zunächst in unbestimmten also gleichen Entfernungen und daher zuerst auf eine Kugelfläche projicirt. So sieht noch das Kind Alles in einer überall gleich nahen Fläche und greift nach dem Mond wie nach der Mutter; so projiciren wir Alle da, wo nicht durch Veränderung der Standlinie die Möglichkeit einer Triangulirung der Entfernungen gegeben ist, also beim Anblick des gestirnten Himmels, auf eine Kugelfläche. Erst durch Vergleichung verschiedner Anschauungen desselben Gegenstandes von verschiednen Standpunkten aus und durch die Anschauungen, welche uns durch die andern Sinne eingeleitet werden, gewinnen wir allmälig die Elemente, um die körperliche Construction nach den drei Dimensionen des Raumes ausführen zu können. Die richtige Würdigung dieses Verhältnisses finden wir zuerst und allein bei unserm *Fries* in seiner Anthropologie und in seiner Kritik der Vernunft, ganz besonders aber in der gründlichen und geistreichen Abhandlung: Ueber den optischen Mittelpunkt im menschlichen Auge nebst allgemeinen Bemerkungen über die Theorie des Sehens. Jena, 1839. Darauf muss ich auch hier verweisen, da mich die Ausführung dieses Themas zu weit führen würde.

Hier ist nun die Sphäre des Irrthums, insofern hier die Selbstthätigkeit der Erkenntnisskraft eingreift und es von ihrer grössern oder geringern Bildung abhängt, ob sie nach genügenden Elementen richtig oder nach ungenügenden falsch construirt. Ein merkwürdiges Beispiel hierfür ist die scheinbare Grösse des aufgehenden Mondes im Verhältniss zum Mond im Zenith und die Erscheinung, dass Jedem der Horizont ferner erscheint, als das Himmelsgewölbe über ihm. Beides sind falsche Constructionen der mathematischen Anschauung, denen aber auch der grösste Astronom unterliegt, weil er sich die zur vollständigen Construction fehlenden Elemente nicht anschaulich verschaffen kann. Zur Vermeidung oder Erkennung dieser Irrthümer kann man allein durch

eine genaue psychologische Orientirung über die Natur der menschlichen Erkenntnisskraft geführt werden.

4. Eine genaue Unterscheidung der unter Nr. 2. dieses §. angegebenen Momente liefert uns aber auch allein den richtigen Maassstab für die Beurtheilung des Sehens mit bewaffnetem Auge. Dass an keine gründliche Bearbeitung der Naturwissenschaften in irgend einer Disciplin und besonders in der Lehre von den Organismen fernerhin zu denken ist, als mit Hülfe des Mikroskops, sollte nach den Belehrungen der letzten 30 Jahre auch nicht einmal der Erwähnung mehr bedürfen. Wer Botaniker oder Zoolog werden will ohne Mikroskop, ist mindestens ein eben so grosser Thor, als wer den Himmel beobachten will ohne Fernrohr. Ich erspare mir deshalb die völlig überflüssige Mühe, über den Werth dieses Instruments noch etwas zu sagen. Ueber die Art seines Gebrauchs haben wir aber noch keine einzige genügende Arbeit erhalten, insbesondere weil man nicht von einer genügenden Theorie des Sehens selbst ausging, und deshalb will ich darüber hier einige Andeutungen versuchen.

Der Begriff der Entfernung ist erst das Resultat eines mathematischen Urtheils. Für die einfachsten Fälle müssen wir hier die Bedingungen genau betrachten. Wir fassen, wie gesagt, das Bild auf der Netzhaut unmittelbar als ausser uns liegende erleuchtete Punkte und dann zunächst als Fläche auf. Die von den verschiedenen Punkten dieser Fläche nach unserm Auge gezogenen Linien bilden unter sich Winkel, und diese Winkel, Richtungsverschiedenheiten, zunächst sind es, die wir auffassen. Dass diesen Winkeln aber ganz verschiedene Entfernungen der leuchtenden Punkte von einander entsprechen können nach der verschiedenen Entfernung der leuchtenden Punkte vom Auge, ist klar. Alle relativen Grössenbestimmungen müssen wir uns also erst mathematisch construiren, wofür der erste Anhaltspunkt allerdings die Grösse des Gesichtswinkels ist. Das zweite Element wäre hier die Entfernung; aber auch diese kommt uns nur durch Vergleichung vieler Eindrücke unter einander allmälig zum Bewusstseyn, und hier ist ebenfalls die einfache Grundlage der Gesichtswinkel, indem wir das unter kleinerem Gesichtswinkel Erscheinende im Allgemeinen ferner setzen, dann aber noch die Deutlichkeit hinzunehmen, indem wir bald fühlen, dass unser Auge, durch die dazwischenliegenden Luftschichten in seiner Empfindlichkeit beschränkt, nähere Gegenstände deutlicher sieht als ferne. Betrachten

wir hierfür aber die physikalischen Bedingungen des Sehens, so zeigt sich uns, dass es in Hinsicht der Nähe ein Minimum geben muss, innerhalb welcher Grenze ein deutliches Sehen unmöglich wird, weil das Bild des leuchtenden Punktes hinter die Netzhaut fällt.

Trennen wir nun alle übrigen Momente, die unsere Beurtheilung der Körperlichkeit der Gegenstände leiten, ab, so bleibt uns als Resultat stehen, bei gleicher Deutlichkeit der Bilder bestimmen wir ihre relative Grösse nach dem Gesichtswinkel, oder bei gleichem Gesichtswinkel nach der Deutlichkeit. Um einen Gegenstand grösser erscheinen zu lassen, brauchen wir ihn also nur dem Auge immer mehr zu nähern; dadurch werden die Gesichtswinkel vergrössert und die einzelnen Punkte des Körpers rücken weiter auseinander, d. h. wir unterscheiden an demselben Gegenstande mehr Punkte, als vorher möglich war, da, wie oben bemerkt, zwei Punkte, die einen Gesichtswinkel unter 40″ bilden, nicht mehr als gesonderte unterschieden werden. Nun ist aber hier eine Grenze gegeben durch die lichtbrechenden Mittel unseres Auges, eine Grenze, die im Mittel 8″ beträgt. Nähere Gegenstände werden nicht mehr völlig deutlich gesehen, weil die von einem Punkte ausgehenden Strahlen zu sehr divergiren, um noch auf der Netzhaut in einen Punkt vereinigt zu werden. Es ist aber bekannt, dass Strahlen, die aus dem Brennpunkt einer Linse divergirend ausgehen, nach ihrem Durchgang durch dieselbe parallel werden. Es ist ferner bekannt, dass parallel auf eine Linse auffallende Strahlen ein scharfes Bild eines leuchtenden Punktes in der Brennweite dieser Linse liefern. Stellen wir also zwischen unser Auge und den Körper, welchen wir diesem zu sehr genähert haben, eine Linse so auf, dass der Körper grade im Brennpunkte der Linse liegt, so werden die von ihm ausgehenden Strahlen durch die Linse parallel werden und als solche auf die Linse unseres Auges fallend von derselben mit völliger Schärfe auf unserer Netzhaut vereinigt werden. Da nun bei gleicher Helligkeit die Grössenbestimmung von dem Gesichtswinkel, dieser aber von der Nähe des Gegenstandes zum Auge abhängt, so wird der genannte Körper uns vergrössert erscheinen, wir werden im Stande seyn, in ihm mehr einzelne Punkte zu unterscheiden, als früher. Und damit ist uns die Theorie des einfachen Mikroskops, der Loupe u. s. w. gegeben. Die Stärke der Vergrösserung wird sich hier nach der Nähe des Gegenstandes richten; je näher aber der Gegenstand ist, desto kürzer muss die Brennweite der Linse seyn, durch welche die von ihm aus-

gehenden Strahlen parallel gemacht werden oder, wie man gewöhnlich sagt, je kleiner die Brennweite der Linse, desto stärker die Vergrösserung. Da nun Centrumwinkel auf gleichen Sehnen sich nahebei umgekehrt verhalten wie die Radien der zu ihnen gehörigen Kreise, so wird bei 4″ Entfernung vom Auge der Sehwinkel doppelt so gross seyn als bei 8″ u. s. w., d. h. wir finden die scheinbare Vergrösserung, wenn wir mit der Brennweite der Linse in die deutliche Sehweite von 8″ dividiren. Die Stärke der Vergrösserung beim einfachen Vergrösserungsglase hängt also nur von der Nähe des Gegenstandes zum Auge ab, indem die dazwischen liegende Linse nichts thut, als das deutlich Sehen in so grosser Nähe möglich zu machen.

Hier finden wir nun sehr bald die Grenze für die Möglichkeit der Vergrösserungen in der Unmöglichkeit, in gewisser Nähe noch eine Linse zwischen das Object und unser Auge zu bringen. Wir können hier aber auf andere Weise nachhelfen. Aus der Physik ist bekannt, dass von Gegenständen hinter der Linse unter gewissen Bedingungen ein vergrössertes Bild entsteht. Wenn die Linse gut gearbeitet, so wird das Bild sehr genau dem Gegenstande entsprechen, und namentlich werden in jenem noch viele Punkte repräsentirt seyn, die bei der Entfernung des deutlichen Sehens unter einem geringeren Gesichtswinkel als 40″ erscheinen. Dieses Bild können wir also wieder als Object behandeln und mit einem einfachen Mikroskop betrachten und so weit vergrössern, als noch scheinbar einfache Punkte und Linien zu zwei oder mehreren aufgelöst werden, und hierauf beruht die Theorie des zusammengesetzten Mikroskops, bei welchem wir das von einer Linse (oder Linsencombination), dem Objectiv, entworfene Bild mit einer anderen, dem Ocular, betrachten.

Diese beiden Instrumente, das einfache Mikroskop und das zusammengesetzte, sind nun die beiden einzigen von wissenschaftlichem Werth. Das sogenannte Sonnenmikroskop oder das auf denselben Principien beruhende, nur mit anderm Licht erleuchtete Hydro-Oxygengasmikroskop ist nichts, als eine physikalische Spielerei, eine etwas vergrösserte *Laterna magica*. Mit Schärfe und Klarheit kann der Gegenstand durch ein solches Instrument nie so stark vergrössert werden, als durch ein einfaches Mikroskop. Das liegt schon in den physikalischen Bedingungen. Die von der Charlatanerie ausposaunten millionenfachen Vergrösserungen sind einmal nur ganz sinnlose Angaben der kubischen Vergrösserung und werden zweitens wie bei der *Laterna magica* nur durch

Entfernung der das Bild auffangenden Fläche von der Linse erreicht, wodurch alle Schärfe der Zeichnung, worauf es bei wissenschaftlichen Untersuchungen allein ankommt, verloren geht.

Es versteht sich wohl von selbst, dass man statt der durchsichtigen Linsen auch wie beim Teleskop Hohlspiegel anwenden kann, und in der That ist dies auch von *Amici* in Modena zuerst ausgeführt und war damals, als Achromatisirung der Linsen noch mangelhaft, der Aplanatismus noch gar nicht erfunden war, allerdings eine sehr dankenswerthe Verbesserung. Jetzt aber hat diese Einrichtung fast ganz ihren Werth verloren; denn abgesehen von der Schwierigkeit, den Spiegel ganz rein zu erhalten, kann man demselben auch immer nur einen höchst geringen Theil der Vergrösserung überlassen, weil sich sonst das Object nicht anbringen liesse, und der grössere Theil der Vergrösserung fällt dann immer dem Ocular anheim; welches daher alle Fehler der sphärischen Abweichung auch in höherem Grade, als bei den dioptrischen Mikroskopen der Fall ist, in das Bild hineinbringt.

Es ist aus der eben gegebenen Darstellung ersichtlich, das die Vortrefflichkeit des Mikroskops hauptsächlich von der Güte der Linsen, beim Compositum aber ganz besonders von der Richtigkeit und Genauigkeit der Objective abhängt, indem jeder Fehler, mit dem das Bild behaftet ist, durch das Ocular noch vergrössert wird. Hier waren es besonders zwei Fehler, die erst die neuere Zeit, aber auch mit ziemlich glänzendem Erfolg, hat beseitigen können, nämlich die chromatische und die sphärische Abweichung, die man jetzt, erstere durch achromatisirte Linsen und letztere beim einfachen Mikroskop durch *Wollaston's* oder *Chevalier's* Doppellinsen, beim zusammengesetzten Mikroskop durch aplanatische Objective beseitigt. Sehr vorzüglich ist das Instrument, welches auch beim Ocular die sphärische Abweichung durch Aplanatismus entfernt. Leider lässt sich dabei keine sehr starke Vergrösserung anbringen, aber die wird kaum vermisst. Ich glaube nicht, dass man mit irgend einem Mikroskop, welches jetzt in Europa verfertigt wird, eben viel mehr sehen kann als mit der Combination der drei stärksten Objective und des aplanatischen Oculars bei den Plössl'schen Mikroskopen, obgleich sie nur eine etwa zweihundertmalige lineare Vergrösserung giebt. Bei den stärkeren Vergrösserungen desselben Künstlers, bei denen das aplanatische Ocular nicht concurrirt, sind zwar die Dimensionen ansehnlicher, man unterscheidet

aber nicht mehr Punkte und Linien im Bilde, sieht also auch nicht mehr, sondern nur etwas bequemer.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergiebt sich, dass man, um sichere und von optischen Fehlern möglichst freie Resultate zu erhalten, sich bei einfachen Mikroskopen nur der achromatischen Doppellinsen, bei zusammengesetzten Mikroskopen nur der achromatischen und wenigstens mit aplanatischen Objectiven versehenen Instrumente bedienen müsse. Die besten Arbeiten liefern gegenwärtig wohl ohne Zweifel *Schiek* in Berlin und *Plössl* in Wien. Die Plössl'schen Instrumente stehen in allen Combinationen, in welchen die stärkste Objectivlinse nicht concurrirt, den Schiek'schen ziemlich gleich. Dagegen sind alle Combinationen mit den drei stärksten Objectiven wohl etwas vorzuziehen und das Ausgezeichnetste, was mir bis jetzt in dieser Hinsicht vorgekommen ist. Hinsichtlich der äusseren Einrichtung scheinen mir die Schiek'schen Instrumente den Vorzug zu verdienen, doch wird hier viel auf Gewöhnung ankommen. Die Messingarbeit ist bei *Schiek* unbedingt besser. Nach den genannten werden wohl die neueren Instrumente von *Pistor* und *Hirschmann* in Berlin, *Oberhäuser* und *Chevalier* in Paris zu nennen seyn; ich habe zwar keine davon gesehen, glaube es aber aus den damit von den Franzosen erhaltenen Resultaten schliessen zu dürfen. Die neueren englischen Instrumente scheinen den genannten so weit nachzustehen, dass man sie gar nicht vergleichen darf. Auch von ihnen habe ich zwar keins gesehen, aber es wird doch ohne Zweifel nicht an gewandten Beobachtern in England fehlen; wenn daher ausser von *Rob. Brown* in letzter Zeit in England keine auch irgend bedeutende mikroskopische Untersuchungen in der Botanik geliefert sind und das, was sie sagen, sich häufig durch einen flüchtigen Blick in unsere Instrumente widerlegt, so kann die Schuld wohl nur der Mangelhaftigkeit ihrer Instrumente beigemessen werden.

Noch wäre hier die Frage zu beantworten, ob zu wissenschaftlichen Untersuchungen das einfache Mikroskop oder das zusammengesetzte vortheilhafter sey. Ich muss mich unbedingt für das letztere entscheiden und zwar aus folgenden Gründen. *Ceteris paribus* greift das einfache Mikroskop das Auge bei weitem mehr an als das Compositum, weil die Lichtstärke (die von der Stärke und Klarheit des Bildes ganz unabhängig und davon wohl zu unterscheiden ist) intensiver ist und einen kleineren Theil der Netzhaut trifft, daher eine grössere Ungleichheit in der Erre-

gung des Sehnerven zur Folge hat, sodann wegen der grossen Unbequemlichkeit der geringen Brennweite bei stärkeren Vergrösserungen, ferner wegen der mit derselben mathematischen Sicherheit zu erlangenden stärkeren Vergrösserungen beim Compositum, endlich weil alle Vorwürfe, die man früher dem Compositum zu machen pflegte, zum Theil das nicht achromatisirte, alle nur das nicht aplanatische Instrument trafen. Gewohnheit mag auch hier viel entscheiden, allein wenn wir die Beobachtungen der letzten 20 Jahre vergleichen, müssen wir doch zugeben, dass, mit Ausnahme von *Rob. Brown's* (eines Mannes, der gar nicht angeführt werden darf, weil er ganz *sui generis* ist und schwerlich seines Gleichen findet) Entdeckungen, alle die Wissenschaft fördernden Beobachtungen allein mit dem zusammengesetzten Mikroskope gemacht sind.

Soviel über die Bestimmung des Werthes der Instrumente. Ehe ich mich aber zur eigentlichen Beobachtungsweise wende, muss ich vorher noch zwei Punkte berühren, die eine genaue Betrachtung verdienen, weil sie oft von grossem Einfluss auf die wissenschaftlichen Resultate sind, nämlich die Mikrometrie und die Beleuchtung der Objecte.

a. In früheren Zeiten, ehe man zweckmässige Apparate besass, um die Grösse mikroskopischer Objecte direct zu bestimmen, hatte die Bestimmung der Vergrösserungskraft eines Mikroskops eine bei weitem grössere Wichtigkeit als jetzt. Man dividirte dann den scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes mit der Vergrösserungszahl und fand so die Grösse des Objects selbst. Natürlich ist dies Verfahren zu roh, um wissenschaftliche Bedeutsamkeit zu haben, und daher auch längst abgeschafft. Nichtsdestoweniger ist es noch jetzt in vielen Fällen von hohem Interesse zu wissen, wie stark die Vergrösserung ist, deren man sich bedient. Meistens legen gute Optiker ihren Instrumenten einen Index für die Vergrösserung der verschiedenen Combinationen bei; da aber hier manchmal bedeutende Fehler mit unterlaufen*), so ist es nothwendig, dass der Beobachter selbst im Stande sey, die Vergrösserung seines Instruments zu bestimmen. Beim einfachen Mikroskop leidet das keine grosse Schwierigkeit, aber auch beim Compositum ist die Sache bei einiger Uebung sehr leicht. Man bedarf dazu nichts, als eines auf Elfen-

*) Bei *Schiek* sind die Angaben meist sehr genau, bei *Plössl* fast alle falsch, und man könnte sagen, sehr zu seiner Ehre alle bei weitem zu gering.

bein oder sehr weissem Papier schwarz verzeichneten Massstabes, der Linien angiebt, und eines Glasmikrometers, welches dieselbe Linie in beliebige (für sehr starke Vergrösserungen wenigstens 60) Theile eingetheilt enthält. Dann legt man das Glasmikrometer unter das Mikroskop, und wenn man es so eingestellt, dass man die Theilstriche deutlich sieht, legt man daneben auf den Tisch des Mikroskops den Massstab. Indem man nun mit dem einen Auge durchs Mikroskop, mit dem andern auf den Massstab daneben sieht, der bei den meisten neuern Instrumenten ohnehin wegen der Länge der Röhre ohngefähr grade in der deutlichen Sehweite zu liegen kommt, vergleicht man, was bei einiger Uebung leicht wird, beide Massstäbe mit einander. Geht nun z. B. $\frac{1}{30}$ Decimallinie auf einen Viertelzoll, so hat man eine Vergrösserung von 75mal u. s. w. Die von *Jacquin* *) und *Ch. Chevalier* **) angegebenen Methoden sind nur sehr viel umständlicher, ohne für den etwas geübten Beobachter sehr viel genauere Resultate zu gewähren. Bei starken Vergrösserungen aber, bei denen allein bedeutende Fehler möglich sind, kommt es ohnehin auf einen Irrthum von 10 Procent gar nicht an. Ob ein Instrument 400 oder 440mal vergrössert, ist sehr gleichgültig, da ein wesentlicher Unterschied in dem Resultate doch nur dann erlangt wird, wenn die Vergrösserungszahl wenigstens um die Hälfte steigt.

Dass man alle Vergrösserungen nur nach Linearvergrösserung (Vergrösserung des Durchmessers) angeben sollte, versteht sich von selbst. Die Flächenvergrösserung anzugeben ist ganz unnöthige Weitläufigkeit, weil man sie doch immer erst auf die Quadratwurzel reduciren muss, um eine anschauliche Vorstellung von der Sache zu erhalten. Nur Charlatanerie, die den Laien Sand in die Augen streuen will, pflegt die Vergrösserung nach dem körperlichen Inhalt zu bestimmen, wodurch sie ihre volltönenden Millionen erhält. Die Sache ist geradezu ein lächerlicher Unsinn, da wir weder mit dem blossen Auge, noch mit dem Mikroskop die dritte Dimension des Raumes auffassen, da wir überhaupt keine Körper sehen, sondern nur erleuchtete Flächen.

Die stärksten Vergrösserungen, die bis jetzt von den ausgezeichnetsten Optikern, von *Amici*, *Chevalier*, *Pistor*, *Schiek* und *Plössl* erlangt sind, übersteigen nicht eine 2400—3000malige lineare Vergrösse-

*) *Baumgärtner*, Naturlehre. Supplementband. Wien, 1831 S. 636.

**) *Ch. Chevalier des microscopes et de leur usage etc. p.* 146.

rung. Aber nur bis zum Drittheil, etwa bis 1000—1200mal sind die Vergrösserungen wissenschaftlich brauchbar. Wenn Einer behauptet, er habe etwas bei einer 3000maligen Vergrösserung gesehen, was bei geringerer Vergrösserung zu sehen unmöglich sey, so darf man das dreist für eine reine Phantasie erklären. Ich habe fast die ausgezeichnetsten Mikroskope der neueren Zeit zu vergleichen Gelegenheit gehabt, besitze selbst vielleicht die beiden besten Instrumente, die je von *Schiek* und *Plössl* verfertigt sind, und habe eine ziemliche Uebung im Gebrauche des Instrumentes, muss aber behaupten, dass bei unsern jetzigen Mikroskopen man bei einer 3000maligen Vergrösserung Alles sehen kann, was man will, da hierbei ein zu bedeutender Lichtmangel eintritt und keine einzige Linie noch mit einiger Schärfe und Bestimmtheit gesehen wird. Der Grund hiervon ist auch leicht einzusehen. Bei allen diesen Mikroskopen werden die Vergrösserungen nur bis etwa zu 280—300mal zum grösseren Theil durch die Objective gewonnen. Von da an erhalten wir die Vergrösserungen nur durch das Ocular, welches aber nur das auch bei den bestgearbeiteten Objectiven doch stets mit einem Theil der sphärischen und chromatischen Abweichung behaftete Bild vergrössert und also auch in sehr schnell steigender Progression diese Fehler vermehrt. Dazu kommt noch, dass wegen des eintretenden gänzlichen Lichtmangels bei jener stärksten Vergrösserung das Collectivglas des Oculars wegbleiben muss und daher nicht allein die Fehler des Objectivbildes mindestens um das Zehnfache vergrössert, sondern auch noch mit den bei so kleinen Linsen höchst bedeutenden Fehlern des Oculars vermehrt werden.

Ziemlich allgemein ist der Glaube verbreitet, als bedürfe es zu mikroskopischen Untersuchungen sehr kostbarer Instrumente, die höchstens den Mitteln einiger Weniger zugänglich seyen. Das ist aber ein grundfalsches Vorurtheil. Bei den grossen Fortschritten der optischen Technik kann man jetzt von jedem einigermassen habilen Optiker sehr brauchbare Instrumente zu verhältnissmässig billigen Preisen erhalten, und Keiner, auch der Jüngste unter unsern Zeitgenossen, wird den Augenblick erleben, wo mit Hülfe eines solchen Instruments gar nichts die Wissenschaft Förderndes mehr zu thun sey. Aber es ist hier noch gar Manches zu unterscheiden. Wer bedeutende neue Untersuchungen über die schwierigern Fragen in der Elementarstructur der Pflanzen anstellen will, wird freilich gezwungen seyn, sich mit den besten und

kostbarsten neueren Instrumenten zu versehen. Aber einmal ist überall nicht Jeder berufen, die Wissenschaft bedeutend zu fördern, wohl aber hat Jeder Anspruch darauf, die Wissenschaft, wie sie grade liegt, sich zu eigen machen zu können, und zweitens ist die Untersuchung der Elementarstructur noch lange nicht die ganze Wissenschaft und wenn auch ein sehr wesentlicher, doch nur ein sehr kleiner Theil von ihr. Von den Meisten wird der Werth der sehr starken Vergrösserungen bei Weitem überschätzt, und insbesondere bedarf es, um das von Andern einmal Gefundene, gut Beschriebene und Abgebildete wieder zu sehen und sich von der Richtigkeit zu überzeugen, oft nur sehr geringer Vergrösserungen. Es geht hierbei gerade wie bei der Fernsicht. Eine Thurmspitze, die man mit unbewaffnetem Auge aufzufinden nicht im Stande ist, erkennt man leicht und deutlich wieder, sobald man sie mit dem Fernrohr entdeckt hatte. Eben so bedarf es, um sich von den meisten Gegenständen der Pflanzenanatomie vollkommen zu überzeugen, nur sehr geringer (etwa 100maliger) Vergrösserungen. Für morphologische Untersuchungen sind nun aber die sehr starken Vergrösserungen zum Theil völlig unbrauchbar, und hier ist noch ein so fruchtbares und so wenig bearbeitetes Feld der Forschung, dass man Jedem, der mit aufrichtigem Fleiss und redlichem Eifer an derartige Untersuchungen auch mit sehr einfachen Instrumenten geht, mit Sicherheit eine wissenschaftliche Unsterblichkeit versprechen kann. Hier ist noch so unendlich viel zu thun, dass es sogar schwierig ist, nichts Neues zu entdecken. Es kommt hier bei Weitem mehr auf Gewandtheit im Präpariren der Gegenstände, auf Uebung und unbefangenes Anschauungstalent des Beobachters, als auf kostbare Instrumente an. Ich will hier insbesondere auf die Taschenmikroskope aufmerksam machen, welche jetzt von Herrn *Dr. Körner* in Jena angefertigt werden. Sie sind in einem Kästchen, auf dessen Deckel das Stativ aufgeschraubt wird. Der bewegliche Tisch ist mit einer Schraube zum Feststellen beim Präpariren und mit einer Scheibe versehen, um das Licht von Unten zu mässigen oder ganz abzusperren. In einen beweglichen Arm können die vier Doppellinsen eingesetzt werden, welche eine klare und schöne Vergrösserung von 15—120mal im Durchmesser gewähren. Bei Anwendung der Linsen Nr. 1. bis 3. kann man mit Bequemlichkeit präpariren. Dieses Instrument ist für alle entomologische, pharmakognostische und botanische Untersuchungen, und selbst für ganz genügende anatomische Beobachtungen völlig ausreichend

Bayerische Staatsbibliothek München

und zweckmässig eingerichtet und kostet nebst Kästchen und Apparat nur 3 Friedrichsd'or oder 17 Thlr. Pr. Cour., eine Summe, die ohne Zweifel tausendmal so gut angewendet ist, als wenn man für 17 Thlr. Heu, d. h. *circa* 3—4 Centurien trockner Pflanzen kauft. Von diesen Instrumenten hält Hr. *Dr. Körner* auf meine Veranlassung stets eine Anzahl fertig vorräthig, und ich glaube sie um so mehr mit gutem Gewissen allen denen, die ernsten naturwissenschaftlichen Studien hold sind, anempfehlen zu können, als ich selbst jedes einzelne Instrument erst prüfe, ehe es die schon an sich mit Recht berühmte Werkstätte verlässt.

Wichtiger als die Bestimmung der Vergrösserung des Mikroskops ist die Bestimmung der absoluten Grösse sehr kleiner Objecte. Genaue Beobachter suchten schon früh nach Mitteln; so griff *Leeuwenhoek* zu möglichst rein geschlemmten Sandkörnern, bestimmte, wie viel ihrer auf eine Linie gingen und streute die so gemessenen Körnchen dann unter die mikroskopischen Objecte, und ermittelte deren Grösse dann durch Vergleichung. Spätere nahmen andere kleine Körperchen dazu, z. B. Blumenstaub. Nachdem die Querstreifen auf den Muskeln entdeckt waren, pflegte man wohl diese zu empfehlen, auch Blutkügelchen von verschiedenen Thieren. Alle diese Versuche sind wissenschaftlich von wenig Werth. Man kam daher früh auf die Anfertigung eigentlicher mikroskopischer Messinstrumente. Das älteste derselben war das sogenannte Glasmikrometer, nämlich ein glattes Glasplättchen, in welches eine sehr feine Eintheilung mit dem Diamant eingeschnitten war. Besonders zeichnete sich in früherer Zeit *Dollond* durch die Anfertigung ausgezeichnet schöner und genau gearbeiteter Mikrometer aus. In neuerer Zeit ist es Gemeingut aller tüchtigen Mechaniker geworden. *Chevalier* verfertigt Mikrometer, an denen der Millimeter in 500 Theile oder die Linie ohngefähr in 1000 Theile getheilt ist. Diese Mikrometer haben aber doch wesentliche Nachtheile. Selbst bei den schärfsten Diamanten ist es nicht zu vermeiden, dass die Ränder der gezogenen Linien nicht ein wenig aussplittern, wodurch die feinen Abtheilungen von ungleicher Breite werden und dadurch das Resultat unsicher machen. Dann aber ist ein Glasmikrometer in vielen Fällen gar nicht anzuwenden. Bei sehr kleinen Gegenständen, also bei sehr starker Vergrösserung ist es nicht möglich, das Object und die Theilstriche des Mikrometers gleichzeitig im Focus zu haben; dadurch wird ein genaues Messen ganz unmöglich. Ebenfalls lassen sich alle solche Gegenstände, die nothwendig in Wasser liegen müssen, um

unters Mikroskop gebracht werden zu können, nicht gut mit dem Glasmikrometer messen, da die kleinen Theilstriche vom Wasser ausgefüllt und dadurch fast gänzlich unsichtbar werden.

Man bedient sich daher in neuerer Zeit zu eigentlich wissenschaftlichen Untersuchungen des von *Frauenhofer* zuerst angewandten Schraubenmikrometers, das auch jetzt den grösseren Instrumenten der deutschen Optiker stets beigegeben wird. Das ganze Instrument beruht auf einer Vorrichtung, durch welche man in den Stand gesetzt wird, das zu messende Object in einer gradlinigen stetigen Bewegung durch das Gesichtsfeld des Mikroskops durchzuführen und den zurückgelegten Weg zu messen. Zu dem Ende construirt man einen beweglichen Tisch, einen sogenannten Schlitten, d. h. eine in Falzen bewegliche Platte. An diese Platte befestigt man eine Schraube, durch deren Umdrehung der Schlitten hin- und hergeschoben wird. Diese Schraube wird sehr genau aus Stahl gedreht und hat gewöhnlich 100 Umläufe auf einen Zoll. Man nennt eine solche Schraube eine Mikrometerschraube. Eine jede ganze Umdrehung der Schraube bewegt also den Tisch um 0″,01 vorwärts. Bei vorausgesetzter vollkommener Gleichförmigkeit des Schraubenganges wird bei jedem $\frac{1}{100}$stel einer Umdrehung der Tisch um ein 0″,0001 vorwärts bewegt. Um diese Theile zu bestimmen, bringt man an dem einen Ende der Schraube eine in 100 Theile getheilte Scheibe an, und einen feststehenden Index, an dem man die Zahl der Theilchen ablesen kann, endlich ist neben dem Index noch ein Nonius, wodurch es möglich wird, von dem hundertsten Theil einer Umdrehung noch den zehnten Theil, also im Ganzen 0″,00001 zu bestimmen. Gemessen wird mit diesem Instrument auf folgende Weise. In dem Diaphragma des Oculars wird ein feiner Spinnewebfaden angebracht, und nachdem das Schraubenmikrometer auf dem Tisch des Mikroskops befestigt ist, das Ocular so gedreht, dass der Faden die Axe der Schraube in einem rechten Winkel kreuzt. Man legt dann einen zu messenden Gegenstand so auf den Schlitten des Mikrometers, dass sein einer Rand den Faden im Diaphragma genau berührt, und führt dann den Gegenstand durch Bewegung der Schraube vorsichtig so durch das Gesichtsfeld, bis der Faden den andern Rand des Objects berührt. Hat man nun am Anfang und Ende dieser Operation den Stand der eingetheilten Scheibe genau bemerkt, so ergiebt der Unterschied beider genau den Durchmesser des Objects in 100,000tel eines Zolls. Schwierig ist bei dieser Operation

nur, den Gegenstand genau in die angegebene Lage zu bringen. Um dies zu erleichtern, bringt man am Mikrometer noch einige Vorrichtungen an. Zuerst legt man auf den in der Richtung der Schraubenaxe beweglichen Schlitten noch einen andern, der durch eine Schraube in einer auf der vorigen rechtwinkligen Richtung beweglich ist. Auf diesem bringt man noch eine Scheibe an, die genau um ihre Axe drehbar ist. Auf diese Weise wird das Einstellen des Objects ziemlich erleichtert. Ueber die Vorzüge des Schraubenmikrometers ist viel gestritten worden. Seine Fehler liegen darin, dass eine Schraube nie so genau gearbeitet seyn kann, dass ihre Windungen unter einander gleich sind und jede einzeln in sich gleichförmig ist. Man hat deshalb dem Glasmikrometer den Vorzug geben wollen. Dies beruht aber nur auf der Unkenntniss der Verfertigungsweise der Glasmikrometer. Ich habe oben die Fehler aufgezählt, die dem Glasmikrometer eigenthümlich sind. Zu diesen kommen noch alle Fehler des Schraubenmikrometers hinzu, denn erst vermittelst einer Mikrometerschraube, welche das Lineal bewegt, ist die Anfertigung eines Glasmikrometers möglich. Ferner kommt noch der Nachtheil hinzu, dass das Glasmikrometer nur einen ganz kleinen Theil der Mikrometerschraube repräsentirt und vielleicht zufällig grade den ungenauesten, während man mit dem Schraubenmikrometer die Messung mit verschiedenen Theilen der Schraube wiederholen kann und daher, wenn man das Mittel aus allen diesen Messungen nimmt, die Unrichtigkeiten wahrscheinlich grösstentheils fortschafft. Uebrigens darf man bei alledem nur innerhalb gewisser Grenzen Werth auf diese Messungen legen. Denn man darf nur selbst einmal mit einem tüchtigen Mechanikus gesprochen haben, um zu wissen, was überhaupt die Grenzen der Genauigkeit bei solchen Instrumenten sind. Eine einzelne Messung hat daher gar keinen Werth, denn wenn ich damit die Breite eines Gegenstandes zu $^1/_{10,000}$ eines Zolles bestimme, so kann er in der Wirklichkeit eben so gut $^1/_{7000}$ als $^1/_{14,000}$ seyn. Das Mittel von 3 bis 4 Messungen an verschiedenen Stellen der Schraube giebt aber schon ein ziemlich genaues Resultat. Am sichersten sind aber für den wissenschaftlichen Gebrauch immer nur die vergleichenden Messungen, wenn man nämlich mit demselben Instrument gleichzeitig ein bekanntes allenthalben ziemlich gleich grosses und leicht zu erhaltendes Object, z. B. Blutkörperchen eines bestimmten Thieres misst, so dass die Angabe dieser Grösse

gleichsam der Massstab wird, auf welchen dann Jeder die mit seinem Instrumente gefundenen Resultate reduciren kann.

b. Auf die Beleuchtung der Gegenstände kommt sehr viel an. Je intensiver das Licht ist, welches von einem Gegenstande ausgeht, desto weniger schädlich ist natürlich der Verlust, den das Licht bei seinem Durchgange durch so viele brechende Medien, theils durch Reflexion an den Flächen, theils durch Absorption im Innern erleidet. Man muss hier aber zwei Arten der Benutzung des Mikroskops wesentlich unterscheiden, wie man es gewöhnlich zu nennen pflegt, die Betrachtung opaker und die transparenter Gegenstände.

Die erste ist die älteste, einfachste und natürlichste. Sie kommt ganz mit der Art und Weise überein, wie wir gewohnt sind, die Gegenstände mit blossem Auge mittelst des von ihnen zerstreuten Lichtes zu sehen. Hier genügt bei nicht allzustarken Vergrösserungen in der Regel das blosse Tageslicht. Bei stärkeren Vergrösserungen aber pflegt man das Licht (und zwar dann am besten künstliches) durch eine Linse oder durch ein sogenanntes Selligué'sches Prisma *) concentrirt auf das Object zu leiten.

Ganz anders verhält sich die Sache beim Beobachten mit durchfallendem Licht. Es ist auffallend, dass noch kein Physiker eine Theorie dieser Art zu sehen gegeben, ja dass in allen physikalischen Handbüchern, die ich gesehen, gar nicht einmal auf die wesentliche Verschiedenheit dieser Beobachtungsweise hingedeutet ist. Im gewöhnlichen Leben kommt sie uns selten vor, etwa beim Wahrnehmen von Luftblasen oder andern Unregelmässigkeiten, oder mattgeschliffenen Zeichnungen in Glas. Das ganze Sehen beruht hier auf der verschiedenen Reflexion oder Absorption der Lichtstrahlen in ungleich brechenden und ungleich dichten Medien, die neben einander liegen. Die stärker brechenden oder dichteren Theile lassen weniger Lichtstrahlen durch sich durch zum Auge gelangen und erscheinen daher dunkler als die anderen. Ja es ist sehr wohl möglich, dass zwei Substanzen neben einander sich begrenzen, die beide gleiche Dichte und brechende Kraft haben und daher nicht als verschieden unterm Mikroskop erkannt werden könnten, aber dadurch als verschieden sichtbar werden, dass sie verschieden polarisirend oder depolarisirend auf das Licht wirken. Der Erfolg würde hier also immer von der grös-

*) Prisma mit zwei convexen Flächen.

sern oder geringern Lichtmenge abhängen, welche von unten durch das Object fällt. Es kommt aber noch hinzu, dass eine verschiedene Menge Licht reflectirt wird, nach Verschiedenheit des Winkels, in welchem es auffällt, und deshalb ist auch die Richtung der von unten auffallenden Lichtstrahlen zu berücksichtigen.

Die gewöhnlich an allen Mikroskopen angebrachte Vorrichtung ist ein nach allen Richtungen beweglicher Beleuchtungsspiegel unter dem Tisch des Mikroskops. Man macht ihn plan, oder concav, und zwar letzteres so, dass der von ihm ausgehende Lichtkegel genau die Oeffnung des Tisches ausfüllt. Im letzteren Falle ist natürlich eine grössere Lichtmenge in dem Sehfelde concentrirt. Am zweckmässigsten vereinigt man einen planen und einen concaven Spiegel mit den Rücken gegen einander gekehrt in derselben Fassung, so dass man nach Bedürfniss wechseln kann. Wo möglich ist die Beleuchtung mit dem Planspiegel vorzuziehen; zwar ist hier die Lichtmenge nicht so gross, aber der Parallelismus der Strahlen ist entschieden für die Sicherheit der Beobachtung vortheilhafter. Es scheint nämlich, als ob durch die Convergenz der Strahlen beim Hohlspiegel in dem Bilde Verschiebungen veranlasst werden können. Ich bin oft auf diese Erscheinungen aufmerksam geworden, gestehe aber, dass ich nichts darüber zu sagen weiss, da die Optiker uns hier ganz im Stiche lassen. Beim einfachen Mikroskop bringt man nach *Wollaston* zweckmässig über dem Planspiegel eine Sammellinse an, wenn eine grössere Lichtstärke nothwendig wird.

Man muss indess bei Beobachtungen zarter Objecte eben so oft zur Milderung der Beleuchtung seine Zuflucht nehmen. Bei sehr durchsichtigen Gegenständen wird das Auge durch starkes Licht zu sehr gereizt, um noch sehr zarte Unterschiede wahrnehmen zu können, welche man bei gemässigtem Lichte leichter auffasst. Man bedeckt zu dem Ende den Planspiegel noch mit einem Täfelchen von weissem Holz, Elfenbein oder Ebenholz, oder stellt ihn so, dass er gar keine Strahlen mehr aufs Object sendet. Man hat aber an allen guten zusammengesetzten Mikroskopen noch eine eigene Vorrichtung am Tisch, die dazu dient, sowohl das Licht zu vermindern, als auch es von der Seite aufs Object fallen zu lassen. Es besteht diese Vorrichtung aus einer mit Löchern von verschiedener Grösse durchbrochenen Scheibe, welche unter dem Tisch so angebracht ist, dass man das Licht nach Belieben durch eins der Löcher fallen lassen, oder auch ganz ausschliessen kann. Stellt man diese Scheibe, die

höchst beweglich seyn muss, so, dass nur an einer Seite ein Theil eines Loches auf den Ausschnitt des Tisches trifft, so hat man schief auffallendes Licht. Diese Vorrichtung ist eine fast unentbehrliche. Von einer grossen Menge von Täuschungen befreit man sich allein durch ein beständiges Wechseln der Beleuchtung. Ob man eine Höhlung oder eine Erhabenheit vor sich hat, ob ein kleiner Körper hohl oder solide ist, entscheidet sich bei aufmerksamer Betrachtung gar bald durch den Schatten, wenn man öfter die Beleuchtung wechselt. Aber auch in unzähligen andern Fällen zeigt sich die grosse Sicherheit in der Beurtheilung, die aus einem gehörigen Gebrauch der verschiedenen Beleuchtung hervorgeht.

Man hat von jeher und mit Recht grosses Gewicht auf die Regulirung der Beleuchtung beim Mikroskop gelegt, und wenn auch manche der frühern grossen Vorsichtsmassregeln und die oft sehr complicirten Beleuchtungsapparate zum Theil in neuerer Zeit durch die wesentlichen Verbesserungen des optischen Theils des Mikroskops, namentlich durch Achromatismus und Aplanatismus überflüssig geworden sind, so bleibt es doch auch jetzt noch immer ein Punkt, der grosse Aufmerksamkeit verdient und dessen Wichtigkeit von vielen mikroskopischen Beobachtern zu sehr vernachlässigt wird. Der von *Wollaston* aufgestellte Grundsatz bleibt auch noch jetzt richtig und als Leitfaden für zweckmässige Anstellung der Beobachtungen stehen, dass alles Licht, welches nicht unmittelbar zur Beleuchtung des Objects dient, der Deutlichkeit des Sehens schadet. Besonders ist hier zu empfehlen, durch einen zweckmässigen Schirm das Seitenlicht von den Augen und bei durchsichtigen Objecten durch eine hohle, inwendig geschwärzte Papprühre, die vom Körper des Mikroskops auf den Tisch reicht, alles Seitenlicht von dem Object auszuschliessen.

5. Ich versuche nun schliesslich noch einige Andeutungen über den Gang der mikroskopischen Untersuchungen.

Der Zweck aller mikroskopischen Untersuchungen ist immer, Formen oder Processe, die ihren räumlichen Ausdehnungen nach der Art sind, dass sie sich dem blossen Auge entziehen, mittelst des Mikroskops vollständig eben so kennen zu lernen, als es uns möglich seyn würde, wenn die Objecte Dimensionen besässen, wie die mit unbewaffnetem Auge uns völlig deutlich erkennbaren Körper. Unser Auge ist schon eine optische Vorrichtung, wie wir gesehen haben; das Mikroskop wiederholt fast nur dieselben Mittel und wir müssen daher zuerst und vor

Allem festhalten, dass uns das Mikroskop der Qualität nach durchaus nichts Anderes geben kann, als das Auge auch. Wir müssen hier also wieder daran erinnern, dass das Auge unmittelbar nur verschieden gefärbte und erleuchtete Punkte, die sich in mathematischer Anschauung zunächst auf eine Fläche ordnen, unserm Bewusstseyn überliefert, dass das Anschauen des Körperlichen, die dritte Dimension des Raumes, immer erst später durch die figürliche Construction in der productiven Einbildungskraft hinzukommt. Auf der andern Seite müssen wir aber auch festhalten, dass die Wirkungsweise des Auges, versteht sich des gesunden, eben so wie das Mikroskop auf ganz ausnahmslosen mathematischen Gesetzen beruht, dass also bei allen Beobachtungen mit dem blossen Auge wie mit dem Mikroskop nur der urtheilende Verstand sich irren kann, der gesunde Sinn und das optische Instrument aber immer Recht haben. „Draussen in der Natur ist Alles wohl bestellt, Confusion ist nur in den Köpfen der Menschen zu finden".

Wir müssen diese Sätze vorläufig gleich anwenden, um zwei sehr gemeine Vorurtheile aus dem Wege zu räumen, deren Einfluss auf die Wissenschaft in vielfacher Hinsicht schädlich gewesen ist, weil er lange Zeit verhinderte, den Fehler da aufzusuchen, wo er lag.

Das eine Vorurtheil ist die vage Redensart, dass den mikroskopischen Untersuchungen nie recht zu trauen sey, weil das Mikroskop gar zu oft täusche. Solche Redensarten finden sich leider noch in neuester Zeit bei Männern, die eine bedeutende Autorität in den Naturwissenschaften in Anspruch nehmen. Die Abweisung des erwähnten Gemeinplatzes ist gar leicht. Das Mikroskop ist völlig unschuldig an Allem, was ihm aufgebürdet wird, aber die Voreiligkeit, die Oberflächlichkeit und selbst kann man sagen die wissenschaftliche Unredlichkeit, die in jeder zu weit gehenden Leichtfertigkeit liegt, alle diese bösen Geister, die, so lange die Welt steht, den Fortschritten des menschlichen Geistes in den Weg getreten sind, sie sind es, die auch noch heutzutage, zumal in den Naturwissenschaften und ganz besonders auch bei mikroskopischen Untersuchungen so viel Unheil angerichtet haben, dass man allerdings Ursache hat, wenn von mikroskopischen Untersuchungen die Rede ist, auf seiner Hut zu seyn, aber nicht wegen der Unwahrheit des Instrumentes, sondern wegen der Unlauterkeit der Menschen. Wie viele Leute haben Falsches mitgetheilt, weil sie die Farben der chromatischen Abweichung den Körpern beilegten, Luftblasen als Gegenstände beschrieben; daran ist aber nicht das

Mikroskop Schuld, sondern die Unwissenheit und daraus entspringende Urtheilslosigkeit der Leute, die Arbeiten mit einem Instrument unternahmen, dessen Gesetze und Wirkungsweise sie nicht kannten und über Gegenstände urtheilten, bei denen sie sich mit einigem Nachdenken selbst hätten sagen können, dass ihnen jede Grundlage zum Urtheile fehle.

Das andere Vorurtheil ist dem vorigen beinahe grade entgegengesetzt und doch findet man es oft von denselben Menschen, die das vorige vorgebracht haben, ebenfalls ausgesprochen, wenn auch in versteckter Form. Man meint nämlich, es gehöre zu einer mikroskopischen Beobachtung nicht viel mehr als ein gutes Instrument und ein Gegenstand, dann könne man nur das Auge über das Ocularglas halten, um *au fait* zu seyn. *Link* in der Vorrede zu seinen phytotomischen Tafeln spricht diese grundfalsche Ansicht so aus: „Ich habe meist die Beobachtung meinem Zeichner, dem Herrn *Schmidt*, ganz allein überlassen und die Unbefangenheit des Beobachters, der mit allen Theorien der Botanik unbekannt ist, bürgt für die Richtigkeit der Zeichnungen". Das Resultat dieser Verkehrtheit ist, dass *Link's* phytotomische Tafeln trotz seines berühmten Namens so unbrauchbar sind, dass man gradezu wenigstens den Anfänger, der daraus lernen will, davor dringend warnen muss, damit er sich nicht durch lauter falsche Anschauungen verwirre. *Link* hätte ebenfalls ein Kind oder einen operirten Blindgebornen um die scheinbare Entfernung des Mondes fragen und wegen ihrer Unbefangenheit das beste Urtheil erwarten dürfen. So gut wie wir mit den unbewaffneten Augen von unsern Kinderjahren an erst sehen lernen, d. h. die einzelnen uns zum Bewusstseyn kommenden Momente zum Ganzen einer körperlichen Natur zusammenconstruiren müssen und selbst mit blossen Augen doch noch in unvermeidliche Täuschungen des Urtheils verfallen, z. B. bei der Grösse des aufgehenden Mondes, so müssen wir auch beim Mikroskop, welches wegen der Isolirung der Gegenstände und der daher mangelnden Vergleichung, wegen der Nothwendigkeit, das eine Auge von der Beobachtung auszuschliessen, wegen der nothwendig fast immer gleichen Lage des Gegenstandes zu unserm Auge ein unendlich schwierigeres Instrument ist, als unser Auge, erst allmälig sehen lernen. Erst nach und nach wird es uns gelingen, von dem physiologisch Gesehenen eine klare Anschauung vor der productiven Einbildungskraft festzuhalten, und so wie es uns leichter werden wird, uns in einer Nebellandschaft oder mondbeleuchteten Gegend zu orientiren, je öfter wir sie schon un-

ter andern Beleuchtungen gesehen haben und je mehr wir mit allen ihren einzelnen Theilen genau bekannt sind, so wird auch nur der im Stande seyn, brauchbare mikroskopische Beobachtungen zu machen, der nicht allein mit der betreffenden Wissenschaft im Allgemeinen, sondern auch ganz speciell mit den besondern Gegenständen, die er seiner Untersuchung unterwirft, auf das genauste, soweit es die bisherigen Kenntnisse darüber zulassen, sich vertraut gemacht. Es ist die Folge von jenem Vorurtheil, dass alle mikroskopischen Entdeckungen so langsam sich Bahn brechen und so spät erst allgemein in der Wissenschaft anerkannt werden. Denn die meisten Beobachter verlangen das, was angegeben wird, gleich auf den ersten Blick zu sehen und bedenken nicht, dass oft erst viele Jahre fortgesetzte, angestrengte Untersuchungen im Stande waren, das Resultat zu liefern, und dass selbst jetzt, nachdem es gefunden ist, meist noch Wochen lange Studien dazu gehören, um dem vom Meister vorgezeichneten Gange nur folgen zu können. Daraus erklären sich z. B. so viele alberne Entgegnungen, die dem grössten mikroskopischen Beobachter *Ehrenberg* gemacht worden sind.

Wenn wir nun einestheils gestützt auf die einfachen oben mitgetheilten Bemerkungen die beiden schlimmen Vorurtheile, die dem zweckmässigen Gebrauch des Mikroskops hemmend in den Weg treten, zurückzuweisen vermögen, so können wir auch auf der andern Seite aus ihnen allein die leitenden Grundsätze für die zweckmässige Anstellung mikroskopischer Untersuchungen ableiten.

Zuerst müssen wir noch einmal die durch das Mikroskop erlangten Gesichtseindrücke mit dem Sehen des Auges vergleichen. Das Auge, wie früher bemerkt, giebt uns zunächst nur das Bewusstseyn einer leuchtenden oder gefärbten Fläche. Dieser Eindruck würde von uns schwer zur Anschauung der Körperwelt erhoben werden, wenn wir, wie bei den einfachen elementaren Betrachtungen stillschweigend vorausgesetzt zu werden pflegt, nur mit Einem ruhenden Auge sähen. Aber erstlich ist unser Auge beweglich; wir können gleichsam mit dem Auge unter den Gegenständen umhergehen. Indem wir mit dem rollenden Auge über eine Anzahl von Objecten hineilen, geben diese in jedem Momente der Netzhaut ein anderes Bild und in jedem Momente fällt dies auf andere Theile der Netzhaut. Dann sehen wir nicht mit einem Auge allein, sondern mit zweien. Jedem Auge gehört gleichsam eine eigene Weltanschauung von einem andern Standpunkte aus, die Gewohnheit combinirt aber beide

Bilder, die sich mathematisch nie ganz decken können, zu einem mittleren. Nur wenn die beiden Bilder ganz ungewohnte Stellen der Netzhaut treffen, kommen uns die Bilder gesondert zum Bewusstseyn, grade so wie wir eine kleine Kugel doppelt fühlen, wenn wir sie gleichzeitig mit den äusseren Seiten zweier Finger berühren. Wir sehen ferner mit beiden bewegten Augen, wodurch die Zahl der auf einen Gegenstand bezüglichen anschaulichen Elemente noch vermehrt wird. Endlich ist es uns möglich, uns selbst oder die Gegenstände zu bewegen und dadurch von einem und demselben Gegenstand ganz verschiedenartige Anschauungen zu gewinnen. So erhalten wir denn eine ziemlich breite Basis, auf welcher wir mit grossem Vertrauen die figürliche Construction der Objecte vornehmen können. Uebung macht freilich auch hier den Meister, und wir bemerken einen grossen Unterschied zwischen einem Gelehrten, der den grössten Theil seines Lebens auf der Stube zugebracht, und dem Jäger oder noch mehr dem Wilden, der sich von Jugend auf in der anschaulichen Auffassung der Natur übte.

Aber fast alle diese verschiedenen Beziehungen fallen bei dem Mikroskop weg. Wir sehen bei demselben immer nur mit Einem, meist auch ruhenden Auge und immer in einer unveränderlich gegebenen Stellung zum Object, und was ebenfalls wohl ins Auge zu fassen ist, wir sehen das Object stets für unsere Anschauung isolirt und können daher auch nicht einmal durch Vergleichung mit gleichzeitigen Gesichtseindrücken uns über den Gegenstand Aufschluss verschaffen.

Endlich haben unsere Augen ein gewisses in nicht allzu enge Grenzen eingeschlossenes Accommodationsvermögen für verschiedene Entfernungen, wir können Gegenstände, die ungleich weit von unserm Auge abstehen, doch gleich deutlich sehen und können die Gesichtseindrücke so schnell hinter einander und mit so stetigem Durchlaufen aller dazwischenliegenden Punkte uns verschaffen, dass es uns unendlich leicht wird, alle diese Eindrücke zu combiniren. Auch dieses fällt beim Mikroskop grösstentheils weg, indem wir besonders bei stärkeren Vergrösserungen (und um so genauer, je schöner das Mikroskop gearbeitet ist) eine mathematische Fläche sehen. Zumal beim zusammengesetzten Mikroskop, wo wir keinen wirklichen Gegenstand, sondern nur ein Bild betrachten, ist eigentlich auch augenblicklich gar kein anderes Gesichtsobject vorhanden, als diese mathematische Fläche, und um zu sehen, was über oder unter dieser mathematischen Fläche (gleichsam einer idealen

Durchschnittsfläche des zu betrachtenden Gegenstandes) liegt, hilft uns das Accommodationsvermögen unseres Auges nichts, sondern wir müssen gradezu das eine Gesichtsobject vernichten und ein anderes an seine Stelle setzen. Es ist leicht einzusehen, wie unendlich dies die Combination der einzelnen Eindrücke zu einem körperlichen Ganzen erschweren muss.

Fassen wir diese Bemerkungen zusammen, so ergiebt sich uns daraus als Resultat einmal der Unterschied zwischen dem Sehen mit unbewaffnetem Auge und mit dem Mikroskop, und zweitens der leitende Grundsatz, von dem geführt wir die Regeln zur zweckmässigsten Anstellung der mikroskopischen Untersuchung zu suchen haben. Nämlich erstens: Die anschauliche Kenntniss der Körperwelt entsteht uns in figürlicher Construction vor der mathematischen Anschauung, wozu uns das Auge als Gesichtssinn nur einzelne Elemente liefert, während wir die übrigen von den andern Sinnen empfangen; bei mikroskopischen Gegenständen fällt die Auffassung durch die andern Sinne ganz weg und die vom Auge gelieferten Elemente werden bei mikroskopischer Betrachtung noch zerlegt, die einzelnen Theile isolirt und dazu unter Umständen dargeboten, die ihre Combination unendlich erschweren. Zweitens: Um diesen Nachtheilen zu entgehen und die Resultate mikroskopischer Forschungen gegen Täuschungen der productiven Einbildungskraft, dem Vermögen der mathematischen Anschauung, sicherzustellen, müssen wir die Zahl der Elemente so zu vermehren suchen, dass wir dadurch eine möglichst vollständige und sichere Grundlage für die figürliche Construction gewinnen.

Es zerfällt diese Aufgabe in die, eine möglichst vielseitige Auffassung desselben Gegenstandes möglich zu machen und alles nicht zum actuellen Gegenstande der Beobachtung Gehörige zu eliminiren. Für den letztern Theil der Aufgabe sorgen zum Theil Verbesserungen des Instruments, indem sie Formveränderungen und Farbenerscheinungen (die auf der sphärischen und chromatischen Abweichung beruhen) fortschaffen. Was diese beiden Punkte betrifft, die mehr den Optiker als den Beobachter angehen, so ist das Erforderliche darüber oben schon erwähnt und die Sache des Beobachters ist es nur, sich ein möglichst vollkommenes Instrument anzuschaffen. Es giebt aber noch manche andere optische Erscheinungen, deren sich der Beobachter als solcher bewusst werden muss, die, obwohl in der That dem Bilde angehörend, doch nicht

dem Object, welches man beobachten will, zukommen, die man daher kennen muss, um ihren Antheil an unserer Vorstellung über die Natur des Objects fortschaffen zu können. Hierher gehören manche Farbenerscheinungen, die nicht durch die chromatische Abweichung hervorgerufen werden. Namentlich kommen Beugungsphänomene nicht selten beim Mikroskop vor. Wenn man z. B. ganz kleine Löcher, etwa Poren der Zellenwände betrachtet und das Object nicht ganz haarscharf in der richtigen Entfernung vom Objectiv liegt, so erscheint die innere Fläche gefärbt und je nach der Grösse des Porus oder der Entfernung vom Focus gelblich, röthlich oder grünlich. Aehnliches tritt bei der Beobachtung sehr kleiner Kügelchen oder anderer fester Körper ein, bei denen sich unter gleichen Umständen ein zarter farbiger Saum zeigt. Beide Erscheinungen verschwinden aber, wenn man das Object genau in die richtige Focalweite bringt. Ueberall daher, wo solche kleine Theilchen selbst in dem Centrum des Sehfeldes, wo natürlich vollkommener Achromatismus stattfindet, noch Farben zeigen, muss man stets durch das genaueste Einstellen versuchen, die Farbenerscheinungen zu entfernen; erst wenn dies bei aller angewendeten Sorgfalt nicht möglich ist, darf man mit vieler Wahrscheinlichkeit die Farben dem Gegenstande selbst zuschreiben. Ein Beispiel hierfür liefert die Behauptung einiger Beobachter, dass der innere Kreis der Poren bei den Coniferenzellen (der eigentliche Porus) zuweilen grün gefärbt erscheine.

Ferner gehören hierher gewisse Formenveränderungen, die ebenfalls durch mangelhafte Einstellung des Objects in die richtige Focalweite veranlasst werden; so erscheinen Linien doppelt oder mit einer gewissen Breite, die bei genauer Einstellung sich einfach oder als scharfe Linien ohne alle scheinbare Breite darstellen. Wahrscheinlich ist es eine Diffractionserscheinung, doch scheint die Erklärung hier noch zweifelhaft zu seyn. Auch hier findet man bald, dass weder die scheinbare Breite, noch die Duplicität der Linien dem Object selbst zukomme, wenn bei irgend einer Einstellung, bei völliger Deutlichkeit des Bildes die angegebenen Erscheinungen verschwinden. Ich will hier an ein Beispiel für diese optischen Täuchungen erinnern, welches bei *Mirbel* in seiner Abhandlung: „*Nouvelles notes sur le cambium*" (*Archives du Muséum d'hist. nat.* 1839 *p.* 303 *sqq.*) sich findet. Er erwähnt daselbst (S. 306. 238, Tafel XXI. Fig. 3 u. Fig. 6) Zellen, deren Wände auf einem Querschnitt mit Querstreifen bezeichnet erscheinen, welche aber bei Be-

trachtung eines Längsschnittes verschwinden und dagegen Längsstreifen Platz machen. Ich habe diese Erscheinung oft beobachtet und muss sie bestimmt für eine optische Täuschung erklären. *Mirbel* ist auf den angeführten Tafeln etwas zu freigebig mit den Streifen gewesen, man sieht nämlich nie mehr wie vier, nämlich die obere und untere Schnittfläche der Zelle und zwei Linien. Dass es eine optische Täuschung sey, geht daraus hervor, dass man nie durch Veränderung des Focus es dahin bringen kann, dass man nur zwei dieser Linien sieht. Entweder erscheinen alle vier, oder nur die obere, oder die untere Schnittfläche. Ich finde nicht, dass schon Jemand auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, noch weniger eine Erklärung gegeben hätte.

Es ist zwar gewiss, dass überall nur dann das Object in der richtigen Focalweite liegt, wenn sein Bild am deutlichsten und schärfsten gezeichnet erscheint. Allein die Differenzen in der Deutlichkeit und Schärfe sind so zart, dass sie oft kaum dem allergeübtesten Auge bemerklich werden. Besser lässt sich daher die Regel so aussprechen, dass der richtige Focalabstand gefunden ist, wenn das Bild am kleinsten erscheint und die Dimensionen aller Theile und aller Linien und Punkte, aus welchen es zusammengesetzt ist, die geringsten Grössen zeigen. Man wird immer finden, dass dann auch die grösste Schärfe und Deutlichkeit vorhanden ist, da jede Linie, jeder Punkt auch um so dunkler erscheinen, je kleiner, je schmäler sie sind. Es kommen wahrscheinlich noch viele solcher Verhältnisse vor, die unser Urtheil über mikroskopische Gegenstände befangen machen, indess sind mir bis jetzt keine weiter bei meinen Untersuchungen zum Bewusstseyn gekommen. In den Schriften der Physiker findet man leider gar keinen Aufschluss, weil keiner sich bis jetzt mit der Theorie der mikroskopischen Beobachtung beschäftigt hat.

Es gehört aber zu dieser unserer Aufgabe, nämlich uns in den Stand zu setzen, alles nicht wirklich dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung Angehörige ausscheiden zu können, noch eine andere Vorbereitung, als die Kenntniss der optischen Thatsachen, die so eben erwähnt wurden. Diese gehören allerdings nur dem Bilde an, welches die Objectivlinse von dem Gegenstande im Diaphragma entwirft, und kommen also auch nur beim zusammengesetzten Mikroskope vor. Es giebt aber noch eine grosse Menge von Erscheinungen, die zwar wirklichen Gegenständen auf dem Objectträger entsprechen, aber doch nicht dem eigentlichen Gegenstande unserer Beobachtung angehören. Diese kom-

men auch beim Gebrauche des einfachen Mikroskops in Betracht. Mit diesen Erscheinungen muss man durchaus bekannt seyn, ehe man sich mit Hoffnung auf Erfolg an eine mikroskopische Untersuchung machen kann. Vollständig würde die hier zu machende Anforderung freilich so lauten müssen, dass man, ehe man an Untersuchung eines neuen Gegenstandes geht, vorher alle bereits untersuchten Gegenstände aus eigner Anschauung kennen gelernt habe. Indess bedarf es nur einer flüchtigen Erinnerung an die bereits durch das Mikroskop gewonnenen Resultate, um die Unmöglichkeit einzusehen, einer solchen Anforderung jemals genügen zu können. Wir müssen hier also unsere Ansprüche beschränken und statt jener allzu umfassenden Forderung zwei andere ausführbare, aber auch dann ganz unerlässliche Aufgaben stellen. Die erste ist *die, sich* mit den ganz allgemeinen bei jeder Untersuchung möglicher Weise vorkommenden Erscheinungen bekannt zu machen, ehe man überhaupt das Mikroskop zu eignen Untersuchungen benutzt; und zweitens Alles, was über den speciellen Gegenstand der jeweiligen Untersuchung schon bekannt ist, vorher genauer zu studiren. Wir können hier freilich fast nur beispielsweise auf Folgendes aufmerksam machen. Der Gegenstand mikroskopischer Untersuchungen sind entweder Formen oder Processe.

A. Was die ersteren betrifft, so haben wir zweierlei ins Auge zu fassen.

a. Wirkliche Formen, die so allgemein verbreitet sind, dass sie sich in jede Untersuchung einmischen und ihre Resultate trüben können.

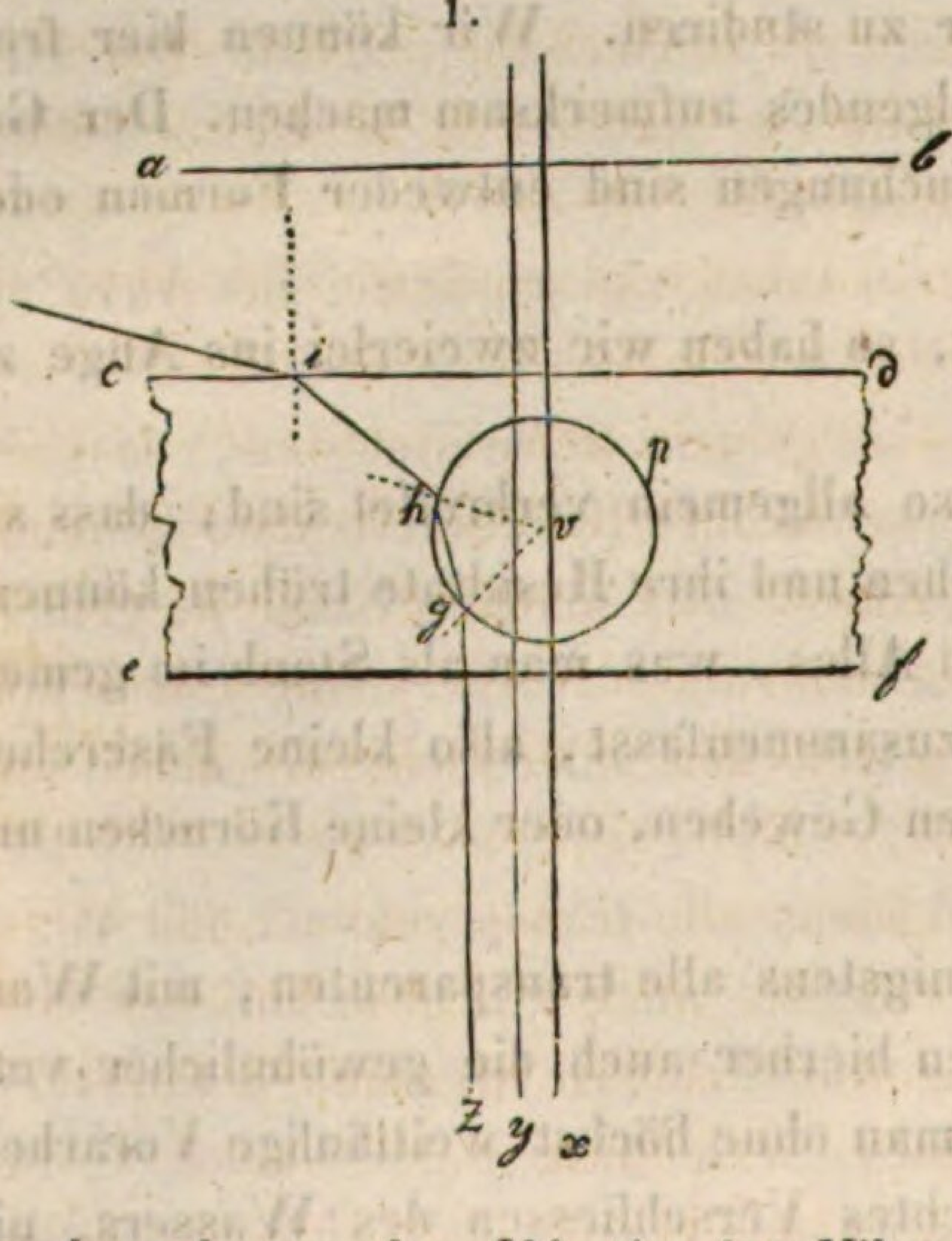
Hierher gehört hauptsächlich Alles, was man als Staub im gemeinen Leben unter einem Namen zusammenfasst, also kleine Fäserchen von vegetabilischen oder thierischen Geweben, oder kleine Körnchen unorganischer Substanzen.

Da die meisten Objecte, wenigstens alle transparenten, mit Wasser befeuchtet werden, so gehören hierher auch die gewöhnlicher vorkommenden Infusionsthiere, die man ohne höchst weitläufige Vorarbeiten, z. B. Abkochen und luftdichtes Verschliessen des Wassers, nie ganz ausschliessen kann. Diese Gegenstände muss man zum öftern genau unter verschiedenen Vergrösserungen und verschiedenen Verhältnissen beobachten, damit, wenn sie sich in die Untersuchung einmischen, wir mit ihnen vertraut sind und sie als bekanntermassen unwesentliche

Objecte selbst unsere Aufmerksamkeit nicht einmal mehr in dem Grade erregen, dass sie uns in der Anschauung zum Bewusstseyn kommen.

b. Scheinbare Formen von Stoffen, die an sich formlos sind, aber unter gewissen Umständen regelmässig begrenzt erscheinen. Hierher gehören insbesondere Gasarten, die mechanisch in Flüssigkeiten vertheilt sind, oder mechanische Gemenge zweier sich nicht mischender oder auflösender Flüssigkeiten, z. B. Bläschen atmosphärischer Luft in Wasser und Oel, Oeltröpfchen in Wasser oder Gummi. Besonders haben die Luftbläschen fast bis auf den heutigen Tag eine grosse Rolle bei den mikroskopischen Verirrungen gespielt. Sie erscheinen unter dem Mikroskop in einer Flüssigkeit immer als sphärische Körper mit einem fast pechschwarzen breiten Rande und einem ganz kleinen, lichten, runden Centrum. Bei genauer Aufmerksamkeit erkennt man auf dem schwarzen Rande an der dem Lichte zugewendeten Seite Spiegelbilder von Gegenständen, die in der Nähe sind, z. B. Fensterkreuz u. s. w. Die Erklärung dieser Erscheinung ist leicht. Parallel von unten fallende Strahlen erleiden mit Ausnahme der Centralstrahlen beim Uebergang aus dem dichteren Medium in die Luft eine Brechung, welche sie vom Axenstrahl bedeutend ablenkt, sie treffen also früher als sonst die Peripherie der Luftkugel und erleiden beim Austritt abermals eine Brechung, wodurch sie vom Axenstrahl so weit divergirend werden, dass sie gar nicht ins Objectiv, also auch nicht ins Auge gelangen. Aehnlich

1.



1. *a b* sey das Objectiv des Mikroskops, *c d e f* eine Wasserschicht, in welcher *g h p* eine Luftblase. Der Lichtstrahl *x* geht durch die senkrechte Axe der Luftblase also ungebrochen durch, nahebei ebenso die nächsten Strahlen z. B. *y*. Die entfernteren dagegen z. B. *z*, treffen schief auf die Tangentialebene von *g*, werden also gebrochen und, da sie aus einem dichteren Medium in ein dünneres, aus Wasser in Luft, übergehen, vom Einfallsloth *v g* abwärts, sie machen also den Weg *g h*. Bei *h* werden sie abermals gebrochen, hier aber natürlich zu dem Einfallsloth *v h*, sie machen also den Weg *h i* und hier werden

ist es bei aller in Flüssigkeit eingeschlossener Luft. Noch heutzutage ist die Luft der Stein des Anstosses. Wir finden weitläufige Erörterungen über dunkle Materie, die in den Hautdrüsen abgesetzt seyn soll, und Theorien, die darauf gebaut sind, und wenn wir genau zusehen, ists nur die in der Spaltöffnung eingeschlossene Luft, die den Beobachter geneckt. Nun giebt es zwar Mittel genug, um sich zu überzeugen, dass man nur Luft vor sich hat, z. B. Wasser, welches die Luft bald einsaugt, Aetzkali, Alkohol, Terpenthinöl u. s. w., von einem gewandten Beobachter muss man aber verlangen, dass er schon durch den blossen Anblick Luft von fester Substanz unterscheiden könne. Auch als dunkler Saft in den Intercellulargängen ist die darin enthaltene Luft beschrieben worden. Dagegen hat man Luft gesucht, wo nie welche zu finden. Noch in sehr *vielen Handbüchern* heisst es, die Oberhautzellen enthalten Luft. Ein Blick durchs Mikroskop und einige Elementarkenntnisse der Optik genügen, um zu zeigen, dass bei keiner gesunden lebenden Pflanze in den Oberhautzellen etwas Anderes als eine Flüssigkeit enthalten ist, die mit dem Wasser fast gleiches Brechungsvermögen hat. Aber dergleichen Dinge werden hingeschrieben und wieder abgeschrieben, und kein Mensch denkt daran, nach der Richtigkeit und Begründung zu fragen.

Ganz ähnlich erscheinen Oeltröpfchen unter dem Mikroskop, nur mit dem Unterschied, dass der schwarze Rand beim Oel ganz schmal ist, weil der Unterschied der Brechungsexponenten zwischen Luft und Wasser grösser ist, als der zwischen Oel und Wasser, und daher eine grössere Menge von Strahlen beim Luftbläschen für die Beobachtung durch die Brechung verloren gehen. Die Erklärung ist hier dieselbe wie bei der Luft, nur dass die Strahlen wegen des grösseren Brechungsvermögens des Oels grade den entgegengesetzten Weg nehmen.

Auch andere dickflüssige Substanzen, z. B. Schleime, nehmen in Flüssigkeiten, mit denen sie sich weder mischen, noch in welchen sie sich auflösen, verschiedene Formen an, die meistentheils von ihrer Adhäsion an andere Gegenstände, z. B. an den Objectträger bedingt sind und dann faden- oder membranenartig sind; dagegen wenn sie mehr isolirt ihrer eignen Cohäsion überlassen sind, der Kugelform sich annähern.

sie nochmals abgelenkt, so dass von allen Strahlen, die nicht durch die Axe der Luftblase oder dicht daneben durchgehen, keiner das Objectiv und also auch nicht das Auge erreicht. Eine Luftblase muss daher mit breitem schwarzen, d. h. lichtlosem Rand und einem hellen Kern erscheinen. Leicht wendet sich diese Construction analog auf andere Fälle von eingeschlossener Luft an.

B. Auf ähnliche Weise giebt es aber auch allgemein verbreitete Processe, mit denen man bekannt seyn muss, um sich in vorkommenden Fällen nicht durch dieselben täuschen zu lassen. Zuerst gehören hierher gewisse Bewegungen.

a. Rob. Brown, der geniale englische Botaniker, machte zuerst die wichtige Entdeckung, dass alle Stoffe, organische und unorganische, wenn sie in hinreichend kleinen Körnchen in einer Flüssigkeit suspendirt sind, in einer beständig zitternden oder wimmelnden Bewegung sind, ähnlich einem Monadenhaufen, den man bei schwacher Vergrösserung ansieht. Die Bewegung ist sehr schwer zu charakterisiren und man kann sie nur durch öftere Beobachtung scharf auffassen und von andern ähnlichen Bewegungen unterscheiden lernen. Sie ist besonders häufig in Pflanzentheilen, z. B. an dem feinkörnigen Inhalt der Pollenzellen beobachtet worden und hier für etwas Besonderes, eigenthümlich Lebendiges ausgegeben, was sie doch gar nicht ist. Ueber den Grund dieser Bewegungen wissen wir noch gar nichts. Aber wahrscheinlich sind kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen die Ursache.

b. Eine andere Bewegung, die man oft zu beobachten Gelegenheit hat, ist diejenige, welche entsteht, wenn sich zwei sehr verschiedenartige Flüssigkeiten, die eine bedeutende Verwandtschaft zu einander haben, z. B. Wasser und Alkohol oder Wasser und Iodlösung mit einander mischen. Dabei findet gewöhnlich ein lebhaftes Strömen oft in ganz entgegengesetzten Richtungen statt.

c. Ein dritter Fall ist der, wenn Flüssigkeiten rasch verdunsten. Dabei findet meist ein doppelter Strom statt, nämlich ein oberer vom Rande nach dem Mittelpunkte des Tropfens und ein unterer vom Mittelpunkt nach dem Rande zu.

d. Ferner sind zwei Vorgänge noch zu beachten, die vielfach zu Täuschungen Veranlassung geben; das eine ist die Auflösung. Da wir die meisten Gegenstände in eine Flüssigkeit getaucht beobachten, so kann es nicht fehlen, dass dieselbe für manche Objecte ein Auflösungsmittel ist. Die dadurch hervorgerufenen Bewegungen und Formenveränderungen müssen wir ebenfalls für das, was sie sind, zu erkennen im Stande seyn. Das andere ist die Coagulirung, welche ebenfalls durch die Einwirkung der umhüllenden Flüssigkeit auf die zu untersuchenden Stoffe hervorgerufen wird. In dieser Beziehung muss man ganz besonders bei Untersuchung organischer Körper äusserst vorsichtig seyn, in-

dem durch solches Coaguliren oft scheinbare Bildungen hervorgerufen werden, von denen die Natur nichts weiss. Die Hauptregel ist hier die, immer organische Gegenstände so frisch als möglich zu untersuchen, und das Bild, welches sich beim ersten Anblick zeigt, unbedingt allen andern vorzuziehen und als Norm anzusehen, sobald man sich durch öftere Wiederholung der Beobachtung überzeugt hat, dass man beim ersten Blick richtig auffasste. *Meyen* hat häufig solche Coagulirungen des Schleims und anderer Stoffe als Formen (Zellen) beschrieben und abgebildet, z. B. Physiologie III. Taf. X. Fig. 6. Eben so *Mirbel sur le cambium etc.* Taf. XX. Fig. 2 *s.*

Endlich müssen wir hier noch die zweite oben erwähnte Aufgabe, welche wir der exorbitanten allgemeinen Anforderung substituirten, hervorheben, nämlich dass der mikroskopische Beobachter, so wie er sich zu irgend einer Untersuchung anschickt, sich erst aufs allergenaueste mit Allem bekannt mache, was über den bestimmten Gegenstand seiner Untersuchung bereits beobachtet und bekannt geworden ist.

Wir kommen nun, um mich eines medicinischen Ausdrucks zu bedienen, zu der zweiten Indication, nämlich zur möglichst vielseitigen Auffassung eines und desselben Gegenstandes. Hierbei müssen wir vorläufig uns überhaupt mit der Zubereitung eines Objects zu mikroskopischen Beobachtungen beschäftigen und dann zusehen, wie wir dem gehörig zubereiteten Object möglichst viele Seiten abgewinnen, um aus allen einzelnen Anschauungen durch Vereinigung ein klares Bild zu construiren. Bei der Beobachtung opaker Objecte hat die Sache am wenigsten Schwierigkeiten, da man hier den Gegenstand nur auf irgend eine beliebige Weise im Focus des Objectivglases oder der einfachen Linse befestigt. Man legt ihn einfach in der passenden Lage auf ein Glastäfelchen und dieses dann auf den Tisch des Mikroskops. Oder man fasst ihn zwischen die kleine Zange, die gewöhnlich jedem Mikroskop beigegeben wird, wodurch man den Vortheil erlangt, ihn unterm Mikroskop umdrehen und von allen Seiten betrachten zu können.

Schwieriger dagegen wird die Sache beim Beobachten transparenter Objecte, die doch meistentheils der Gegenstand genauerer wissenschaftlicher Untersuchungen sind. Selten ist hier der Gegenstand schon an sich so durchsichtig, dass man ihn unvorbereitet unter das Mikroskop bringen könnte. Oft hilft hier aber schon das Befeuchten mit Wasser, oder mit einer andern Flüssigkeit, z. B. Baumöl, ätherischem Oele, canadischem

Balsam u. s. w. Meist wird man gezwungen seyn, von dem Gegenstand zarte Abschnitte zu verfertigen, die, wenn sie dünn genug sind, immer auch die gehörige Transparenz haben, da es namentlich unter den organischen Körpern, und auf diese kommt es doch hier vorzüglich an, gar keinen völlig undurchsichtigen Körper giebt. Für die Anfertigung solcher dünnen Schnitte hat man ein Instrument erfunden, welches indess nur für sehr wenige botanische Gegenstände sich eignet und auch bei diesen nur Unvollkommenes leistet *). Es bleibt hier nichts übrig, als sich durch Uebung die nöthige Geschicklichkeit zu erwerben, um aus freier Hand gehörig feine Schnitte machen zu können. Man bediente sich früher dazu ganz allgemein der anatomischen Scalpelle, später wurden ganz dünne zweischneidige Klingen in Art der Impfmesser empfohlen. Ich habe gefunden, dass ein gutes Rasirmesser mit gehörig schwerer Klinge das beste Instrument ist, da es sich am sichersten führen lässt; man schneidet damit entweder aus freier Hand, oder indem man das Object zwischen Daumen und Zeigefinger einklemmt und dann mit dem Messer zwischen beiden durchschneidet. Auf diese Weise erhält man von sehr kleinen Gegenständen leicht einen sie genau halbirenden Durchschnitt; man nimmt dann eine Hälfte auf dieselbe Weise zwischen die Finger und schneidet auf gleiche Weise eine dünne Platte von der Schnittfläche ab. Bei sehr zarten und dünnen Objecten, z. B. Haaren, Moosblättern u. s. w., klebt man den Gegenstand mit etwas Oel oder Speichel auf den Daumennagel, setzt die Schneide des Rasirmessers quer auf und macht damit die Bewegung des Schaukelpferdes; indem man zugleich leise gegen die Daumenwurzel vorrückt, so erhält man leicht eine Menge dünner Abschnitte, von denen immer einige völlig brauchbar sind. Eine schlimme Schwierigkeit, die hier zu überwinden ist, liegt in der Weichheit des Gegenstandes, die dem Messer so wenig Widerstand entgegensetzt, dass auch die schärfste Klinge mehr zerreisst und quetscht, als schneidet. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, habe ich eine Methode ersonnen und oft mit grossem Vortheil angewendet, und namentlich ist sie von mehreren meiner Freunde mit Glück bei der Untersuchung thierischer Substanzen benutzt worden. Man bereitet nämlich von möglichst reinem und farblosen, arabischen Gummi eine sehr

*) Vergl. *Valentin*, Repertor. Bd. IV. (1839) S. 30.

concentrirte Auflösung, weicht den zu untersuchenden Gegenstand darin ein und lässt ihn ganz davon durchdringen; dann befestigt man ihn leicht auf einem Brettchen und lässt ihn so völlig austrocknen, indem man noch einigemale etwas Gummilösung darauf giesst. Noch ehe er so trocken ist, dass das Gummi seine glasartige Sprödigkeit wieder angenommen hat, macht man dann von dem Object die erforderlichen zarten Schnitte, die man dann auf einem Glasplättchen mit etwas Wasser befeuchtet; dabei zieht das Gummi Wasser an, und der Gegenstand nimmt fast ganz vollkommen seine frühere Gestalt wieder an.

Bei den allergenauesten Untersuchungen reicht aber ein solches Präpariren aus freier Hand nicht mehr aus. Auch ist es bei vielen Gegenständen gar nicht um Durchschnittsansichten zu thun, sondern um eine Zerlegung des Gegenstandes in die einzelnen Theile, aus denen er organisch zusammengesetzt ist. Hier müssen wir dann schon das Mikroskop zu Hülfe nehmen, um den Gegenstand gehörig zu präpariren. Man bedient sich zu dem Ende am zweckmässigsten des einfachen Mikroskops, welches, besonders wenn man Wollaston'sche oder Chevalier'sche Doppellinsen anwendet, noch selbst bei 100maliger Vergrösserung Spielraum genug zwischen Object und Linse gewährt, um mit sehr zarten Instrumenten arbeiten zu können. Das Compositum hat hier einmal den grossen Nachtheil, dass es umkehrt, also eine sehr schwierige Uebung zu entgegengesetzter Bewegung verlangt, und zweitens dass man von den arbeitenden Händen zu weit entfernt ist, was der Sicherheit der Bewegung so sehr Abbruch thut, dass kaum etwas mehr, als ein Zerreissen oder Zerquetschen des Gegenstandes auf gut Glück möglich ist. Das grösste Hinderniss beim Präpariren unter dem Mikroskop sind aber die Instrumente. Natürlich werden diese eben so sehr wie der Gegenstand vergrössert und da findet man bald die Grenze, wo keine Spitze mehr fein genug ist, um noch mit Schärfe die Theile des Objects trennen zu können. Man bedient sich am besten dazu abgenutzter Staarnadeln, die man sich auf einem feinen Schleifsteine selbst anschleift und dann die Schneide und Spitze unter dem Mikroskop betrachtet, oder zu ganz feinen Operationen auf passende Weise gefasster englischer Nähnadeln, die man auf dieselbe Weise sich fein anschleift. Die andere Schwierigkeit ist leichter zu überwinden, dass nämlich die Hand nicht an so zarte Bewegungen gewöhnt ist, wie sie schon bei 50—60maliger Vergrösserung nöthig werden; hier überwindet einige Uebung bald die Hindernisse.

Nach dieser Vorbetrachtung wende ich mich zu den Methoden, wodurch wir den zu betrachtenden Gegenstand in möglichst verschiedene Verhältnisse bringen, um dadurch die Zahl der Anschauungen zu vergrössern. Man kann hier die optischen, mechanischen, chemischen und physikalischen Hülfsmittel unterscheiden. Man könnte sie im Allgemeinen mikroskopische Reagentien nennen.

a. Die optischen.

Zuerst ist hier zu bemerken, dass man sich nie darauf beschränken sollte, einen Gegenstand, den man genau kennen lernen will, nur mit einer Vergrösserung zu beobachten. Es ist immer rathsam, von den schwächern Vergrösserungen anzufangen und so allmälig zu den stärkeren fortzuschreiten. Schon deshalb ist dies Verfahren zweckmässig, weil sich bei den stärkern Vergrösserungen nothwendig auch verhältnissmässig das Gesichtsfeld verkleinert, und es doch zum Verständniss stets nothwendig ist, eine klare Anschauung aller einzelnen Theile in ihrem Zusammenhange zu haben.

Zweitens gehört hierher der Wechsel der Beleuchtung, wovon schon oben genügend geredet ist.

Drittens ist es oft von Nutzen, einen Gegenstand in gefärbtem, oder noch besser in monochromatischem Lichte zu betrachten; man erreicht dies dadurch, dass man entweder zum Objectträger gefärbtes Glas wählt, oder dass man zur Beleuchtung eine Spirituslampe anwendet, deren Docht man vorher mit Kochsalz getränkt, oder bei der man den Spiritus möglichst verdünnt hat; beides giebt nach *Brewster* ganz homogenes gelbes Licht.

Viertens endlich ist es in manchen Fällen zweckmässig, den Gegenstand in polarisirtem Lichte zu betrachten, zu welchem Ende man einen Krystall, der dazu geeignet und zweckmässig geschliffen ist, unter dem Tisch des Mikroskops befestigt. Hierüber muss man sich doch mit einem Techniker verständigen; ich überhebe mich daher weiterer Bemerkungen *).

b. Mechanische.

In vieler Hinsicht vortheilhaft ist es zu sehen, wie sich ein Gegenstand bei Anwendung des Druckes verändert. Früher hatte man zu diesem Zwecke den sogenannten Pressschieber. Dabei hatte man aber den

*) Vergl. *Chevalier des microsc. et de leur usage pag.* 125—128.

Nachtheil, dass man nur das Resultat, nicht aber die allmälige Wirkung des Druckes beobachten konnte. In neuerer Zeit bedient man sich statt dessen des nach seinem Erfinder benannten Purkinje'schen mikrotomischen Quetschers, auch wohl in der von *Schiek* verbesserten Form. Hierbei kann man die allmälige Wirkung des Druckes sehr bequem unter dem Mikroskop betrachten. Dies Instrument ist von *Purkinje* überschätzt, von *Meyen* mit Unrecht ganz verworfen worden. Er ist vielleicht das einzige Mittel, um ein kleines Kügelchen von einem Bläschen zu unterscheiden, welche letztere eine Zeitlang ohne zu existiren eine grosse Rolle in den botanischen Handbüchern spielten.

c. *Chemische.*

Im höchsten Grade wichtig sind für die Bestimmung unseres Urtheils die verschiedenen Erscheinungen, die ein Körper bei Anwendung chemischer Reagentien gewährt. Auch kommt es gar häufig vor, Stoffe ihrer chemischen Natur nach bestimmen zu müssen, die in Organismen in geringer Menge eingeschlossen sich nicht mechanisch von denselben so trennen lassen, dass man eine chemische Analyse damit anstellen könnte. Hier bleibt denn nichts übrig, als unter dem Mikroskop selbst die Agentien einwirken zu lassen *). Die vorzüglichsten derselben sind:

1) Iodtinctur. Besonders für das Sichtbarmachen sehr durchsichtiger Objecte und die Bestimmung vegetabilischer Stoffe brauchbar.

2) Schwefelsäure zur Zerstörung gewisser Theile.

3) Fettes Oel, am besten Mandelöl. Aetherisches Oel (Spieköl), Alkohol und Aether, und canadischer Balsam, um Gegenstände durchsichtig zu machen, Fett- und Harzarten aufzulösen, die Stoffe zum Gerinnen zu bringen, z. B. Eiweiss.

4) Zuckerwasser, Gummilösung und Eiweiss, um die Endosmose und die dadurch bewirkten Formänderungen zu verhüten.

5) Aetzkalilösung zum Zerstören gewisser Theile.

6) Essigsäure, Salpetersäure, Salzsäure zum Auflösen mancher Stoffe.

Bei achromatischen Mikroskopen hat man die letzten unter Nr. 6 genannten Reagentien möglichst zu vermeiden und jedenfalls das Object

*) Vergl. Anleitung zum Gebrauch des Mikroskops u. s. w. von Dr. *J. Vogel.* Leipzig 1841.

mit einem Glasplättchen zu bedecken, da die verdunstenden Säuren gar leicht das sehr empfindliche Flintglas angreifen.

d. Physikalische.

Hin und wieder kann es vorkommen, dass es von Interesse ist, die Wirkung namentlich der Wärme und Elektricität auf gewisse Objecte unter dem Mikroskop zu beobachten. Man hat dazu eigne Vorrichtungen nöthig. Für die Anwendung der Wärme bedarf man sehr gut abgekühlter Glasplatten, die man an einem Ende mittels einer kleinen Spirituslampe erwärmen kann, ohne dass sie springen, oder sehr dünne am besten aus einer Kugel ausgesprengte Glasplättchen, die man locker in eine messingne Fassung legt und diese dann erwärmt. Für Beobachtung der elektrischen Wirkung hat man einen eignen kleinen Objecttisch, an dessen beiden Seiten zwei kleine Gabeln bewegliche Stückchen einer Glasröhre tragen, durch welche Drähte gehen, die mit dem einen Ende auf den Objectträger reichen, am andern Ende ein Häkchen haben, um die Leitungsdrähte anzuhängen.

Bei Anwendung aller der genannten Hülfsmittel und Beachtung der mitgetheilten Warnungen und Winke wird man im Stande seyn, manche Irrthümer zu vermeiden, die nur zu häufig noch jetzt in botanischen Werken vorkommen. Aber bei alle dem muss ich doch noch die Hauptregel wiederholen, wer mit Glück beobachten will, muss viel und mit angestrengter Aufmerksamkeit beobachten, damit er allmälig sehen lerne, denn Sehen ist eine schwere Kunst.

6. Beobachtung und Experiment sind die beiden Mittel, durch welche wir uns der Thatsachen bemächtigen. Für die Beobachtung ist so eben das Nöthige gesagt, für das Experiment dagegen lassen sich weniger allgemeine Vorschriften geben, weil jedes nach dem speciellen Fall sich verschieden modificirt. Auch ist im Allgemeinen zwar das erfolgreiche Beobachten mehr von redlichem und lauterem Wahrheitsgefühl und von Uebung abhängig und daher zu erlernen, während zum Experimentiren ein angebornes Talent gehört. Es werden nur zu viele Experimente angestellt, die gar kein Resultat geben und geben können, weil ihre Urheber nicht die Gabe hatten, der Natur Fragen auf die zweckmässige Weise vorzulegen, so dass wirklich eine Antwort, Ja oder Nein, darauf folgen musste. Insbesondere sind wenigstens zwei Drittheile aller bis jetzt in der Botanik angestellten Versuche so vollkommen nutzlos, dass sie nicht allein nicht dem Zweck entsprechen, um dessentwillen sie

angestellt waren, sondern auch nicht einmal anderweitig zu benutzen sind. Zur Anstellung von Experimenten gehört durchaus eine durch umfassende naturwissenschaftliche Kenntnisse und philosophische Durchbildung entwickelte Urtheilskraft, nur in seltenen Fällen wird dieselbe durch den glücklichen Instinct des Genius vertreten werden, zumal da grade wahre Genies, wie z. B. ein *Humboldt*, es nie bei ihren Naturgaben bewenden lassen, sondern die gründlichste und umfassendste Ausbildung derselben erstreben.

Die allgemeine Aufgabe fast aller Experimente wird immer die seyn, Naturkörper in eine solche Lage zu versetzen, dass wir die an ihnen vorgehenden Processe in ihren einzelnen Elementen der Messung unterwerfen können. Dabei ist entweder die Bestimmung der Quantität der Stoffe unsere Aufgabe, und dies giebt uns die chemischen Analysen, oder das Maass der wirksamen Kräfte, das giebt uns die bei weitem schwierigere Kunst des physikalischen Experiments, schwieriger, weil hier eine ungleich grössere Complication der einzelnen Elemente zu berücksichtigen ist und die geringste unabsichtliche Vernachlässigung in dieser Beziehung das ganze Experiment nutzlos macht. Insbesondere sind für Experimente mit Pflanzen im Allgemeinen die Vorschriften zu geben: 1) dass man sie so wenig wie möglich den natürlichen Verhältnissen, unter denen sie wachsen, entzieht, dass man sie nur in denselben auf solche Weise wachsen lässt, dass man bestimmte Erfolge des Lebensprocesses, z. B. die Gasausscheidung, die Wasserausdünstung u. s. w. nach Quantität und Qualität dem Maass und Gewicht unterwerfen kann; 2) dass man eine einzelne genau bestimmbare Bedingung ihrer natürlichen Vegetation ausschliesst oder eine fremdartige hinzufügt, und den Erfolg dann quantitativ und qualitativ mit der unter natürlichen Bedingungen vegetirenden Pflanze vergleicht.

7. Bei der Sammlung von Thatsachen ist es nun aber nicht genug, sie einzeln für sich aufgefasst zu haben, sondern um dieselben wissenschaftlich zu verarbeiten, muss man eine grössere Anzahl derselben gleichzeitig übersehen können. Die einzelnen gewonnenen Thatsachen müssen also möglichst treu und rein aufbewahrt werden. Dem Gedächtniss und auch dem allerbesten sollte man sie niemals ausschliesslich anvertrauen, am wenigsten aber Anschauungen, denn in kurzer Zeit sind sie nach den Gesetzen der Association schematisch verändert. Augen-

blickliches Aufmerken der wichtigsten Punkte ist hier unerlässliche Bedingung, um dem Gedächtniss zu Hülfe zu kommen.

Insbesondere ist hier aber noch für anschauliche Gegenstände das Zeichnen hervorzuheben. Jeder Botaniker sollte zeichnen. Man braucht wahrlich kein Maler zu seyn, um mit Bleistift, Feder und einigen Tuschfarben das, was wissenschaftlich wichtig ist, auf Papier fixiren zu können und die geringe Handfertigkeit, die dazu nöthig ist, wird schnell erworben. Bei allem Beobachten, bei der simpelsten Blüthenanalyse zum Bestimmen einer sehr kleinen Pflanze kommt es auf manuelle Geschicklichkeit an, die dem Botaniker ganz unerlässlich ist, und diese ist auch völlig genügend, um bei einiger Uebung die nöthigen Zeichnungen zu entwerfen. Beim Zeichnen ist wahrlich das zu Papier Bringen das Allerunbedeutendste. Sehen lernen, Ausbildung der productiven Einbildungskraft, das ist die Kunst, von der hier Alles abhängt, und die kann ein Naturforscher vollends nicht entbehren. Wenn aber Jemand, wie aus den Vorreden zu *Link's* phytotomischen Tafeln hervorgeht, einen Andern untersuchen und zeichnen lässt und oft erst nach vier Wochen, wenn er längst vergessen, was die Abbildung bedeutet, den Text dazu schreibt, so ists kein Wunder, dass nur Falsches und Unbrauchbares geliefert wird, dass ein Mann, der 40 Jahre Botanik gelehrt, die Spelzen von *Zea Mays* als schaaliges Albumen bezeichnet und dergl. mehr.

An wissenschaftliche Zeichnungen aber sind folgende Anforderungen zu machen:

a. Erstens müssen es treue Copien der Natur seyn. Man muss die Zeichnung so lange als nöthig mit dem Object vergleichen und bessern, bis sie der Anschauung entspricht. Aber keineswegs soll man, wie es früher wohl Gebrauch war, eine grössere Anzahl höchst unvollkommener Präparate abbilden und es dann dem Beschauer überlassen, sich daraus eine klare Anschauung zusammenzusetzen. Erst soll man vielmehr beobachten, genau und sorgfältig untersuchen, und wenn man sich eine vollkommene und vollständige Anschauung glaubt erworben zu haben, soll man dafür sorgen, dass Ein Präparat auch vollständig dieser Anschauung entspreche, und dann mag man dasselbe abzeichnen. Dadurch gewinnt man im Zeichnen eine vortreffliche Controle seiner eignen Beobachtungen. Hat man sich nämlich von irgend einem Gegenstande eine Anschauung gebildet und gelingt es bei der ausdauerndsten Geduld nicht, ein der vollständigen Anschauung entsprechendes Präparat zu erhalten,

so hat man alle Ursache, gegen die Richtigkeit der vollständigen Anschauung misstrauisch zu seyn.

Für das Festhalten mikroskopischer Beobachtungen sind hier noch einige besondere Bemerkungen hinzuzufügen. Wir sollen nämlich mit dem Mikroskop nur unserm Sinne zu Hülfe kommen, nicht aber eine ganz andere Anschauungsweise an die Stelle des Auges setzen; das Letzte geschieht aber nur gar zu häufig, auch da, wo es gar nicht nöthig ist, aus blosser Bequemlichkeit, wie es scheint. In der vollendeten anschaulichen Erkenntniss sehen wir körperlich nach den drei Dimensionen des Raums. Grade so sollen wir auch die Gegenstände durchs Mikroskop anschauen lernen, wozu uns das vereinzelte Bild des unbewegten Mikroskops freilich immer nur ein einzelnes Element liefert. Aber wie mit dem Auge unter den Gegenständen, sollen wir hier mit dem auf- und ab bewegten Mikroskop uns über die körperliche Construction orientiren und dann, so oft es möglich ist, diese körperliche Auffassung auch in der Zeichnung wiedergeben.

Als Hauptvernachlässigung der ersten hier aufgestellten Forderung an botanische Zeichnungen ist die Anfertigung schematischer Zeichnungen zu nennen, eine Unart, die leider in neuerer Zeit sich vielfach aufgedrängt hat. Es ist allerdings viel bequemer, gleich nur hinzuzeichnen, wie man sich die Sache ungefähr denkt, als treue Abbildungen nach der Natur zu liefern, und man hat noch den grossen Vortheil, dass Text und Abbildung sich niemals widersprechen, die Sache also trefflich begründet erscheint. Aber grade diese schematischen Zeichnungen sind meistentheils die Mittel, falsche und unbegründete Auffassungen in die Wissenschaft einzuführen. Solche Zeichnungen, wie fast allen Holzschnitten in *Unger's* und *Endlicher's* Botanik zu Grunde liegen, viele in *Hartig's* Arbeiten vorkommende u. s. w., sind im allergünstigsten Falle unnütz und überflüssig, weil sie niemals eine Anschauung der Natur geben und nicht einmal bei Anschauung der Natur als Leitfaden dienen können; aber nur im seltensten Falle wird das Urtheil über solche Zeichnungen so günstig ausfallen können. Meistens sind sie entschieden verderblich, weil sie ganz falsche Vorstellungen der Dinge einleiten.

Es versteht sich übrigens von selbst, dass es eine gar nicht zu entschuldigende Unredlichkeit ist, wenn man statt Abbildungen nach der Natur schematische Figuren mittheilt, ohne dieser Eigenschaft ausdrücklich zu erwähnen.

b. An alle wissenschaftliche Abbildungen ist noch eine zweite Anforderung zu stellen, die ihre Veröffentlichung betrifft. Eben weil die Abbildungen die sicherste Grundlage für die Fortbildung der Wissenschaft und das fast unerlässliche Hülfsmittel für die Mittheilung anschaulicher Verhältnisse sind, sollte man auch dafür sorgen, ihre Verbreitung so sehr wie möglich zu erleichtern und Alles von ihnen zu entfernen, was nicht dazu dient, ihre wissenschaftliche Brauchbarkeit zu sichern. Wir brauchen kein Album für das Boudoir einer Staatsdame und solche Werke, wie *Bateman's* Orchideen und ähnliche, sind gradezu sinnlose Verschwendungen. Das genannte Werk hat fast gar keinen wissenschaftlichen Werth, weil nicht einmal Analysen der Blumen gegeben sind, was aber Werth haben könnte, liesse sich ebenso vollständig auf so vielen Octavblättern mittheilen, als jetzt Royal-Foliobogen vergeudet sind.

8. Wir sind in allen empirischen Naturwissenschaften bei der Beschränktheit der Mittel des Einzelnen vielfach an den historischen Glauben, an die Mittheilungen Anderer gebunden, aber wie häufig wird nicht dies Verhältniss ganz falsch aufgefasst, und hinter der Nothwendigkeit, auch fremde Erfahrungen zu benutzen, birgt sich entweder lichtscheue Autoritätenfurcht, die statt kräftig der Wahrheit nachzustreben, an alten durch Missverstand oder Glück gehobenen und von der Gewohnheit, diesem furchtbarsten aller Tyrannen, heilig gesprochenen Namen klebt und längst abgethane Irrthümer stets wieder belebt, indem sie die erwachsene Wissenschaft noch immer mit ihren Windeln misst; oder eine Geistesstumpfheit, die, statt selbst die Wissenschaft zu erfassen, sie lieber mit mittelalterlich-philologischer Beschränktheit aus hundert Büchern zusammenzutragen sucht.

Es sey mir hier vergönnt, einige Worte über den Gebrauch der Autoritäten im Allgemeinen zu sagen, bei dem nach vielen Richtungen hin gesündigt wird. Man kann hier einen doppelten Gebrauch derselben unterscheiden. Entweder ist die Beobachtung in einem Punkte noch nicht so weit fortgeschritten, wir haben der Natur noch nicht so viel Boden abgewonnen, um uns darin festsetzen und ein Urtheil aussprechen zu können; oder die Thatsachen zur vollständigen Beurtheilung der Sache liegen wirklich vor.

In dem ersten Falle pflegt man denn wohl die Lücke durch Vermu-

thungen auszufüllen, und zur Unterstützung derselben werden dann meist viele Citate beigebracht, die eine ähnliche Vermuthung aussprechen. Dies ganze Verfahren ist nun durchaus verwerflich und geht aus einer falschen Grundansicht der Wissenschaft hervor. Alle unsere Erkenntnisse theilen sich nämlich in reine Vernunft- und Erfahrungswissenschaften. Die ersten haben die Aufgabe, das was eigentlich vollständig seinem ganzen Umfange nach schon dunkel in der menschlichen Seele ruht, deutlich zu machen und wissenschaftlich zu entwickeln; in ihren angewandten Theilen beherrschen ihre dunkleren oder klareren Aussprüche in jedem Augenblick unser Leben, indem sie unser Wollen und Handeln bestimmen. Hier giebt eben die Nothwendigkeit des Lebens den Antrieb, uns auch da vorläufig nach einer nur wahrscheinlichen Regel zu bestimmen, wo es der Wissenschaft noch nicht gelungen, dieselbe über allen Zweifel zu erheben und klar zu machen. Gern mögen wir uns hier an das Beispiel grosser Männer, die wir achten und ehren, anschliessen und in ihrer Zustimmung für uns eine Beruhigung finden. Ganz anders ist es in den Erfahrungswissenschaften. In ihnen schreitet die Erkenntniss von Bekanntem zu stets neu sich Darbietendem fort, in ihnen hat und kann ohnehin nur Das Einfluss auf unser Leben (und noch dazu nur auf die Vermittlung desselben) haben, was die Wissenschaft schon ganz in ihre Gewalt gebracht hat und daher dem Leben als ein Werkzeug, dessen Gebrauch bekannt und sicher, anbieten darf; oder auf der andern Seite, das Leben hat längst aus der Erfahrung über eine Thatsache sicher entschieden und es fehlt nur die wissenschaftliche Deutung, die dem Leben unmittelbar nichts hilft. Diese Erforschung neuer, die blosse Aufklärung bekannter Thatsachen ist also reine Sache der Wissenschaftlichkeit und berührt das Leben gar nicht; es liegt daher auch kein bewegendes Interesse vor, dem einzig richtigen Gange vorzugreifen und durch Vermuthungen und Fictionen eine dunkle Kluft zu überspringen, ehe die Erfahrung die sichere Brücke gebaut. Was man gewöhnlich zur Rechtfertigung anführt, das Streben des Menschen nach Einheit und Vollendung in seinen Erkenntnissen, beruht auf einem blossen Missverstande, denn diese zu erstrebende Einheit und Vollendung ist eine philosophisch-architektonische, aber keine materiale, die nicht dem einzelnen Menschen, sondern der ganzen Menschheit angehört. Dieses Streben aber ist es grade, welches für den Einzelnen, der thätiges Mitglied der Menschheit seyn soll, die Erforschung des Wahren, die Erweiterung der Einsicht

auch ohne Rücksicht auf möglichen Nutzen rechtfertigt und heiligt. Für das Individuum aber ist die Wissenschaft stets mit zwingender Nothwendigkeit eine unvollendbare und deshalb ist das Bestreben da, wo eine endlose Bahn vor uns liegt, einen endlich kleinen Theil auf anderm, als dem sichern Wege der Erfahrung zurücklegen zu wollen, ein durchaus kindisches. Es kann also hier dem Einzelnen auch nicht durch Berufung auf viele Andere geholfen werden, denn viele Kinder machen noch immer keinen Mann aus.

Der zweite Fall des Gebrauchs oder vielmehr des Missbrauchs der Autoritäten ist aber eine blosse überkommene Erbschaft aus dem Mittelalter, wo es allerdings richtig war, statt aus den verdorbenen Schriften der Araber und Abendländer erst einmal wieder aus den unmittelbaren Quellen der alten Classiker zu schöpfen, nicht um die Sache aus ihnen kennen zu lernen, sondern um den Geist an ihnen zu stärken, damit er selbstständig an die Bearbeitung der Objecte selbst, die nicht Bücher, sondern Geist und Natur sind, gehen könne. Hier entstand das Citat ursprünglich nicht zur Bestätigung der Wahrheit des Gesagten, sondern zur Nachweisung, dass dies und nichts Anderes von den Alten behauptet sey. Nach und nach verkehrte sich aber die Sache, man vergass das eigentliche Object des Forschens und todte philologische Bücherweisheit wurde für Jahrhunderte der drückende Alp, der jede freudige und lebendige Entwickelung niederhielt, bis sich erst allmälig Philosophie und Naturwissenschaft von diesem Gespenst befreiten. Aber noch immer blieb das grundlose Vorurtheil kleben, als ob eine Sache, die in der Natur erschaut, im Geiste empfunden sey, an Sicherheit gewinne, wenn man ein Dutzend Schriftsteller für dieselbe anführen könne. In den Naturwissenschaften, mit denen ich es hier allein zu thun habe, giebt es aber nur eine Autorität, die so hoch über allen andern steht, dass sie dieselben ganz entbehrlich macht und selbst gegen die Gesammtheit Aller doch Recht behält, das ist die Natur selber. Mehr braucht es nicht, um eine Thatsache als sicher hinzustellen, als die Behauptung „ich habe es gesehen", die bei jedem Andern den vollen Glauben in Anspruch nehmen darf, so lange der Behauptende nicht durch nachgewiesene Leichtfertigkeit und Unwahrheit sich dieses Vertrauens unwerth gemacht hat. Ohne dieses Vertrauen k a n n eine empirische Wissenschaft gar nicht bestehen, und auf diesem nothwendigen Vertrauen beruht auch die Unhaltbarkeit aller verneinenden Behauptungen, so lange nicht die Unmöglichkeit einer

behaupteten Thatsache nachgewiesen ist. Bei diesem Vertrauen ist aber auch jede Berufung auf Leute, die dasselbe gesehen haben wollen (allenfalls einen ausgenommen, wenn man die Sache juristisch auf zwei Zeugen stellen wollte) überflüssig und kann das einfache Wort des redlichen Mannes nicht verstärken, um so weniger, da Irrthümer in der Wissenschaft auch nur zu oft epidemisch sind und der Beispiele genug vorliegen, dass ganze Jahrhunderte oder alle Forscher einer Zeit insgesammt falsche Thatsachen überliefert haben, und das um so mehr, wenn sich die Meisten dabei mit blossem Abschreiben begnügen, was eben die Folge jener unglückseligen philologischen Richtung ist. Ich will hier nur daran erinnern, wie die ganz grund- und bodenlose Behauptung der Endogeneität der Monokotyledonen wie ein Krebs in der Wissenschaft um sich gefressen hat. Aber es klebt eben gar Vielen eine seltsame Trägheit an, die lieber die Meinung von hundert und aber hundert Autoren aus bestaubten Folianten herausklaubt und mit philologisch-kritischem Apparate aus ihnen die wahrscheinlichste Meinung zu entwickeln sucht, statt sich mit frischen Sinnen und lebendiger Liebe selbst der Natur in die Arme zu werfen und an ihrer Brust aus dem wahren einzigen Quell des Lebens zu trinken. Ein solcher Mann mag mir eine Geschichte der Wissenschaft schreiben, er soll mir vielleicht willkommen seyn; wenn er mir aber sein Buch für die Wissenschaft selbst ausgeben will, weise ich ihm unbedingt die Thür.

Allerdings sollte das Wort des Mannes: „so habe ich gesehen, gewissenhaft beobachtet" in der Wissenschaft vollgültiges Zeugniss für eine Thatsache seyn. Allein leider kommen gar manche Umstände zusammen, die diese nothwendige Forderung in ihrem Erfolg verderblich für die Wissenschaft machen. Wo es auf Thatsachen ankommt, die dem Einzelnen selbst zu beobachten unmöglich sind, da, aber auch nur da, ist er gezwungen, sich im Vertrauen auf wissenschaftliche Redlichkeit auf das Wort Anderer zu verlassen und andere Forscher anzuführen. Hier steht denn auch der Andere ganz unter den Bedingungen, welche für Zeugenaussagen gelten. Zuerst muss also jede Einmischung seines Urtheils beseitigt werden. Seine Ansicht hat höchstens nur insofern zufälligen Werth, als sie sich wirklich von selbst aus den Thatsachen ergiebt. Bei der Prüfung der Aussagen über Thatsachen selbst entstehen aber nothwendig die beiden Fragen: konnte Zeuge die Wahrheit sagen und wollte er die Wahrheit sagen? Hier zeigt sich nun ganz

besonders der fehlerhafte Gebrauch der Citate, indem meistens die Zeugnisse nur gezählt, aber nicht gewogen werden. Die strenge Beantwortung jener beiden Fragen muss aber immer vorangehen, ehe man sich auf ein fremdes Zeugniss stützt und dadurch Thatsachen in die Wissenschaft einführt, die diese ebenso sehr verwirren und hemmen, als aufklären und fördern können.

In Bezug auf die erste Frage sind es besonders zwei Punkte, die man sich zu beantworten hat, nämlich die nach der Methode und die nach den Hülfsmitteln. Wer nicht auf dem richtigen Wege sucht, wird auch ohne seine Schuld nur Falsches finden und ebenso der, welcher mit schlechten Instrumenten arbeitet. Wie häufig finden wir hier über Vorgänge in den Pflanzen das Zeugniss von Männern aufgerufen, die statt zu beobachten blos raisonnirten, also gar nichts über den fraglichen Punkt sagen können, und fast in jedem Handbuche begegnen uns die Namen der Forscher früherer Jahrhunderte bei Gegenständen der feineren Anatomie, über welche sie wegen Mangelhaftigkeit ihrer Mikroskope nichts wissen konnten.

Nicht minder wichtig ist die Beantwortung der zweiten Frage, ja man kann sagen noch wichtiger, aber gewöhnlich wird sie ganz aus dem Spiele gelassen, weil man sich hinter einen gewaltigen Missverstand versteckt. Die Frage ist eigentlich richtiger so zu fassen: Leitete den Forscher bei seinen wissenschaftlichen Bestrebungen durchaus kein anderer Trieb, als die reine Wahrheit und die ganze Wahrheit zu finden und diese ganz und unentstellt mitzutheilen? So trifft diese Frage allerdings den Charakter des Forschers, und man hat bis jetzt immer so gethan, als müsse derselbe in der Wissenschaft ganz aus dem Spiel bleiben. Diese Anforderung ist aber, wie sich leicht zeigen lässt, eine durchaus unmögliche. In Philosophie und Mathematik genügt allerdings eine blosse Entwickelung der Sache, um jeden Widerspruch zu beseitigen, denn ich kann an die Einsicht jedes Einzelnen appelliren, und wem die fehlt, dem ist auf andere Weise auch nicht zu helfen. Ganz anders ist aber das Verhältniss in den empirischen Naturwissenschaften, die ganz auf der Sicherheit der Thatsachen beruhen, die der Einzelne unmöglich alle selbst sammeln kann, sondern von denen er einen grossen Theil von Andern blos auf Treue und Glauben hin annehmen muss. Hier kommt es eben auf Treue und Glauben, also auf den Charakter des Einzelnen an und Pietät gegen

die Wissenschaft, gegen die Wahrheit fordern hier unbedingte und gegen jeden einzelnen Menschen rücksichtslose Offenheit und Strenge des Urtheils.

Es findet hier aber noch ein anderer Missverstand statt, der den Tadel aussprechen lässt: der und der hat sich im wissenschaftlichen Streite Persönlichkeiten erlaubt. Jeder Mensch hat ein unbezweifeltes Recht darauf, sein Privatleben und seinen Privatcharakter unangetastet für sich zu behalten und nicht als einen Gegenstand öffentlicher Discussionen hingestellt zu sehen; aber ebenso unbezweifelt ist es auch, dass Jedermann auf ein ihm zustehendes Recht ganz oder theilweise verzichten könne. Das thut aber Jeder, der selbst öffentlich als Schriftsteller in der Wissenschaft auftritt. Was er, wenn auch nur seinem Vorgeben nach, mittheilen will, ist Wahrheit, was ich von ihm lernen will, ist Wahrheit, und da steht mir doch ohne allen Zweifel das Recht zu, zu fragen, ist von dem Menschen so, wie er sich zeigt, auch Wahrheit zu erwarten? Wenn Einer in dem, was er freiwillig veröffentlicht, sich nachweisbarer unzweifelhafter Lüge oder eines hohen Grades der Unlauterkeit und des Leichtsinnes schuldig macht, so muss mir gewiss erlaubt seyn, dieses von ihm selbst zur Schau getragenen Charakters mich zu bedienen, um seinen Behauptungen den Eingang in die Wissenschaft zu wehren, oder doch die Bedeutsamkeit abzusprechen. Ueberall, wo es auf Glaubwürdigkeit ankommt, gehört der öffentliche Charakter des Menschen so nothwendig mit zur Beurtheilung seiner Leistungen, dass man gar nicht davon absehen darf, ohne das Heiligthum der Menschheit, Wissenschaft und Wahrheit zu verletzen. Allerdings versteht es sich hierbei von selbst, dass ein solches Urtheil nicht in blossem unbegründeten Absprechen bestehen darf, wodurch der, der es thut, nur den Glauben an seine eigne redliche und unparteiische Wahrheitsliebe zerstört, sondern dass es mit wissenschaftlichen und zureichenden Gründen belegt seyn muss.

Es zeigen sich aber hier gar mannigfache Abstufungen des Charakters von der reinen unbedingten Wahrheitsliebe, der jede auch die trivialste Wahrheit lieber ist, als der noch so geistreich und genial klingende Schein *) bis zur bewussten, gemeinen Lüge. Leider muss

*) Man kann diese Wahrheitsliebe als eigenthümlichen Charakterzug des ächten Genies bezeichnen; grade durch diese Eigenschaft wird es productiv, während das blosse Talent an der Darstellung hängend nur nach dem geistreichen

von der letzten in neuerer Zeit auch in der Wissenschaft gesprochen werden, und Gesellen wie Herr *Corda* und der Verfasser der Tafeln *Scleranthus* und *Ceratophyllum* in *Nees v. Esenbeck genera plant. fl. germ.* u. A. m. liefern die traurigen Beispiele. Einen Dieb kann man hängen, einen Mörder kann man richten, aber gegen gewisse moralische Pestbeulen giebt es kein Mittel, als völlige Ausschliessung aus der Gemeinschaft, und Leute, denen man moralische Nichtswürdigkeit einmal aus ihren Schriften öffentlich nachgewiesen hat, sollten in der Wissenschaft fernerhin weder im Guten noch im Bösen erwähnt werden.

Aber so wenig man sich einer Seits dieser scharfen Beurtheilung eines Schriftstellers entziehen darf, so wenig darf man auf der andern Seite sich von dem Menschen für oder wider den Schriftsteller einnehmen lassen. Nicht Freundschaft für einen menschlich liebenswürdigen Charakter darf mich bewegen, deshalb seinen Worten ein grösseres Gewicht zuzugestehen, als ihnen zukommt, nicht Widerwille darf mich hinreissen, das Zeugniss eines mir unangenehmen Menschen gering zu schätzen oder auch nur mit Stillschweigen zu übergehen, wo die Wissenschaft ein Recht auf dasselbe hat. Am allerwenigsten aber darf ich mir herausnehmen, zur Beurtheilung einer wissenschaftlichen Leistung auf andere Thatsachen Rücksicht zu nehmen und sie zu veröffentlichen, als von dem Menschen selbst der öffentlichen Beurtheilung unterstellt sind. Nur in dem letztern liegt die eigentlich tadelnswerthe und unwürdige Persönlichkeit, indem ich einen andern Menschen vorführe als den, der sich öffentlich gezeigt, und zwar in der hinterlistigen Absicht, das Publicum eben durch die demselben verleidete Figur des **Menschen** zu einem parteiischen Urtheil gegen den **Schriftsteller** zu verführen *).

Klang hascht. Das Ueberschätzen des geistreichen Wortgeklingels ohne wahrhaften Gehalt kann man als ein hervorstechendes Merkmal unserer Zeit bezeichnen.

*) „Jeder Tadel, den der Kunstrichter mit dem kritisirten Buche in der Hand gut machen kann, ist ihm erlaubt Aber sobald derselbe verräth, dass er von seinem Autor mehr weiss, als ihm die Schriften desselben sagen können, sobald er sich aus dieser näheren Kenntniss des geringsten nachtheiligen Zuges gegen ihn bedient: sogleich wird sein Tadel persönliche Beleidigung. Er hört auf Kunstrichter zu seyn und wird — das Verächtlichste was ein vernünftiges Geschöpf werden kann — Klätscher, Anschwärzer, Pasquillant." — So der edle und geistreiche *Lessing* (Schriften. Berlin, 1826. Bd. 32, S. 171).

§. 4.

Von der Induction insbesondere.

Von den Thatsachen werden wir weiter geführt zur Theorie hauptsächlich durch Induction, Hypothese und Analogie. Alle drei sind blosse Wahrscheinlichkeitsschlüsse und können also für sich nie logische Gewissheit geben. Wenn man sie daher richtig gebrauchen will, so muss man sehr genau über das Verhältniss derselben zum Ganzen unserer Erkenntnissthätigkeit orientirt seyn; denn so wie sie richtig gebraucht die einzigen Förderungsmittel aller Erfahrungswissenschaft sind, so werden sie, fehlerhaft oder leichtfertig angewendet, auch die Quelle aller Verkehrtheiten und Phantasien, die beständig in der Geschichte der Wissenschaften auftauchen, dieselbe verwirren und in ihrem Fortschritt hemmen. Auch hier muss ich für genauere Kenntniss der Sache auf *Fries* Handbuch der Logik verweisen, und kann selbst nur eine skizzirte Uebersicht geben.

Alle drei, Induction, Hypothese und Analogie, sind unvollständige divisive Schlüsse, die Induction unter kategorischer Form, indem ich von vielen Fällen (statt von allen) auf die Gültigkeit einer allgemeinen Regel, die Hypothese unter hypothetischer Form, indem ich von einigen Folgen (statt von allen) auf die Einheit des Grundes schliesse, endlich die Analogie, welche eigentlich nur der durch Induction gefundenen Regel unterordnet, wo es also allein auf die Gültigkeit der Induction ankommt. Bei allen diesen Schlüssen ist blos logisch gar keine Schlusskraft vorhanden und eine gleiche mathematische Wahrscheinlichkeit würde erst dann stattfinden, wenn nur noch ein Fall fehlte. Dass wir aber dennoch unser Urtheil nicht suspendiren, wie wir bei der Unvollständigkeit des Schlusses thun sollten, dass wir uns vielmehr dieser und nur dieser Formen bedienen können, um in allen Erfahrungswissenschaften fortzuschreiten, deutet auf ein eigenthümliches Verhältniss zur Erkenntnisskraft, welches *Fries* im Gegensatz gegen die mathematische Wahrscheinlichkeit als philosophische Wahrscheinlichkeit bezeichnet hat. Dass wir einem solchen Schlusse vollen Glauben beimessen, liegt in der Natur der erkennenden Vernunft, welche überall Einheit und Zusammenklang in ihren Erkenntnissen fordert. Die Schlussformen gelten aber deshalb auch nur im Einklang mit der ganzen Erkenntnisskraft und den

daraus abzuleitenden Principien. Wir setzen eben überall Einheit und Gesetzmässigkeit als vorhanden voraus und entscheiden uns deshalb vorzugsweise für das, was mit dieser Voraussetzung übereinstimmt. Der Reflexion, welcher hier die Entscheidung zusteht, dienen nun alle allgemeinen Principien der Vernunft dabei nicht als Regeln, unter welche unterzuordnen wäre, sondern als leitende Maximen, denen conform sie ihr Urtheil bestimmen soll, und dieses Urtheil gilt eben nur dann, wenn es im vollkommenen Zusammenklang mit der gesammten Erkenntniss der Vernunft abgegeben ist. Grade deshalb aber sind auch Hypothese, Induction und Analogie für den Unwissenden und unvollkommen Orientirten die sichern Führer zu Irrthum und selbst zum völligen Unsinn, wie bei sogenannten Theorien des Geisterreichs und dem angeblich wissenschaftlich gerechtfertigten Gespensterglauben.

Als Regeln für den Gebrauch der Inductionen u. s. w. haben wir also die Anforderung zu machen, dass Einer vollständig im Besitz der leitenden Maximen sey und diesen gemäss verfahre. Diese Maximen sind zweierlei, allgemeine und specielle.

1. Zunächst fordern wir also von Jedem, der mit Hoffnung auf Erfolg die Botanik wirklich über die blosse Sammlung von Thatsachen hinaus fortbilden will, dass er kritisch philosophisch gebildet sey und über die allgemeinsten Gesetze sich verständigt habe.

Hier erwähne ich als allgemeinste leitende Maximen insbesondere folgende:

a. Maxime der Einheit. Jede Erkenntniss nach bestimmten Begriffen lässt sich auf Principien zurückführen.

b. Maxime der Mannigfaltigkeit. Gesetz und Regel sind für sich leer, sie fordern den Fall der Anwendung von der individuellen Thatsache, und Reichthum an Thatsachen ist für die Erweiterung unserer Erkenntniss unentbehrlich.

c. Maxime der objectiven Gültigkeit. Das Princip ist in der Erkenntniss das Ursprüngliche, es entspringt nie aus dem Besondern, so wenig wie das Besondere aus dem Allgemeinen, aber das Besondere unterliegt allgemeinen Bestimmungen.

d. Maxime der Sparsamkeit. Man soll nie die Principien ohne Noth vervielfältigen. In der Natur sind alle Folgen eines Grundes gegeben, also giebt es der Gründe nur möglichst wenige. (Gesetz der Sparsamkeit in der Natur.)

Die Anwendung von Induction und Hypothese erfordert jedesmal Möglichkeit und Einheit der Voraussetzung und Consequenz der Ableitung; in letzterer Beziehung ist es fehlerhaft, wenn wirkliche Fälle nicht abgeleitet werden können, oder wenn aus der inductorisch gefundenen Regel Fälle folgen, die nicht stattfinden.

„Jede gültige Induction oder Hypothese muss nach heuristischen Maximen bestimmt orientirt seyn, sonst verwerfen wir sie als willkürliche Erdichtung, als chimärisch. Soll eine Induction nur angehört zu werden verdienen, so muss erst für den gegebenen Fall wirklich nach einer Erklärung gefragt worden seyn, ich muss zweitens wissen, woher ich die Gründe der Erklärung zu nehmen habe, und muss daraus im Voraus bestimmen können, dass die Voraussetzung möglich sey. Wo diese vorläufige Orientirung fehlt, können wir angebotene Untersuchungen getrost ungehört verdammen als leeres Hin- und Hergerede ohne Erfolg. Wenn uns z. B. jemand geistige Erscheinungen aus Bewegungen des Nervenäthers erklären will, so weisen wir ihn ungehört ab, indem wir schon wissen, dass das Körperliche kein Erklärungsgrund für das Geistige seyn kann. Oder wenn uns gar jemand eine Theorie des Geisterreichs anbietet, so verlachen wir den Thoren, der sich für Wunder wie klug hält, indem wir schon voraus wissen, dass er über Dinge Worte macht, von denen er selbst nichts versteht. Hier zeigt sich die wahre Gewalt der Wissenschaft über wahrscheinliche Bestimmungen. Das inductorische und hypothetische Verfahren steht unter so vielen Cautelen, dass es meist schwer zu behandeln ist; vorzüglich aber doch nur wegen der Ungeduld der Einzelnen, die schon nach Fragen hinausgreifen, von denen sie wissen sollten, dass hier noch keine Behandlung möglich ist; die sich nicht zum Aufschieben des Urtheils bequemen wollen, selbst da, wo es vor Augen liegt, dass sie keine Gründe der Erkenntniss in der Gewalt haben. Regelmässig angewendet ist hingegen dieses Verfahren eines der vorzüglichsten und durchgreifendsten zur Erweiterung unserer Kenntnisse; der Grad der Gewissheit steigt bis zu einem hohen Grade der Sicherheit, sobald die heuristischen Maximen bestimmt genug sind, und wenn grosse Mannigfaltigkeit der Fälle oder Folgen durch einen Grund beherrscht wird, den die Wissenschaft genehmigt, so überwindet dieser jeden Zweifel. So ruht z. B. unsere ganze Himmelskunde auf der Hypothese des kopernikanischen Systems. Man könnte sich hier auch andere sehr künstliche Erklärungen aussinnen, nach denen Alles eben so

erfolgen müsste, aber sie werden zu Albernheiten neben der Einfachheit dieses Systems. Ebenso die ganze geistige Weltansicht des Menschen beruht auf der hypothetischen Analogie, dass dem Körper anderer Menschen eben so Vernunft entspreche, wie meine Vernunft meinem Körper. Auch hier könnte es anders seyn, mein ganzes Leben könnte ein selbstgeschaffner Traum seyn, in den die Geburt mich führte, aus dem vielleicht der Tod mich weckt; oder höhere Geister, die das Innere meiner Gedanken durchschauen, können mit todten Phantomen mir den ganzen Schein dieses Lebens vorgaukeln. Aber auch dieses wird als ungereimt verworfen neben der einfachen Erklärung des gemeinen Lebens *)."

2. Jede Hypothese, jede Induction soll aber auch im ganzen System der menschlichen Erkenntniss orientirt seyn, wenn sie auf Brauchbarkeit Anspruch machen will, also auch gegen jede einzelne Disciplin. Unwissenheit ist immer am schnellsten mit ihren Phantasien bei der Hand und bildet sich oft ein, wundergleiche Entdeckungen gemacht zu haben, während sie in lächerlicher Blösse dasteht.

Wenn uns nämlich die Philosophie, insbesondere die mathematische Naturphilosophie die allgemeinen leitenden Maximen an die Hand giebt, die uns beim Gebrauch der Inductionen führen sollen, so sind es die einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen, aus welchen wir die speciellen leitenden Maximen abzuleiten haben. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, dass es nur Eine Natur und also nur Eine Naturwissenschaft giebt und dass die einzelnen Zweige nur aus fabrikmässiger Theilung der Arbeit zur Erleichterung der Fortentwickelung hervorgegangen sind. Jeder Widerspruch zwischen zwei Zweigen der Naturwissenschaften weist unmittelbar darauf hin, dass die Behauptungen des einen von ihnen auf unzulässigen Hypothesen, oder auf falschen Inductionen beruhen. Wir müssen also noch die Anforderung an Jeden stellen, welcher Botanik zu seinem Studium wählt, dass er sich encyklopädisch mit dem gegenwärtigen Stand sämmtlicher naturwissenschaftlichen Disciplinen bekannt gemacht und insbesondere die Stellung der einzelnen zur Erkenntnisskraft überhaupt begriffen hat.

Dann aber ist es ganz unerlässlich bei den vielfachen Berührungen der einzelnen Disciplinen unter einander, dass, wenn Einer insbesondere eine Seite der Botanik bearbeitet, in welcher chemische, physikali-

*) *Fries*, System der Logik 3te Aufl. S. 336—338.

sche u. s. w. Fragen wichtig werden, er sich dann aufs Genaueste mit den betreffenden Lehren bekannt macht; jeder Fehler, den er sonst begeht, lässt ihn in einer höchst albernen Figur erscheinen, weil rohe Ignoranz dann der alleinige Grund des Fehlers ist. Wer mitsprechen will, **muss** wissen, um was es sich handelt, sonst ist er ein aufdringlicher Narr im Leben wie in der Wissenschaft. So gewinnen uns alle naturwissenschaftlichen Disciplinen eine eigenthümliche Bedeutung als Hülfswissenschaften, indem sie uns für die Fortleitung des Gedankens durch Induction und Hypothese die besonderen leitenden Maximen nennen. Diese allein genügen aber nicht, sondern sowie wir weiter herabsteigen, müssen wir immer weiter und bestimmter die höchste leitende Maxime der Einheit specificiren und aus dem Zusammenhang mit dem Ganzen doch wieder auch für jeden kleinsten Kreis die leitenden Maximen entlehnen.

Suchen wir nun für die Botanik diese leitenden Maximen, d. h. die Principien der Einheit, aus welchen wir nicht die Wissenschaft construiren sollen, sondern durch welche wir uns bei der Führung der Inductionen leiten lassen sollen, so müssen wir diese natürlich ganz aus der Natur des Gegenstandes dieser Disciplin ableiten, indem wir die allgemeinsten und völlig sicher gestellten Thatsachen zusammenstellen und als Regel aussprechen. So erhalten wir folgende beiden Regulative:

A. Maxime der Entwickelungsgeschichte.

3. Es ist die Pflanze ein lebendiger Organismus, das heisst ein bestimmt angeordnetes System von körperlichen Theilen, in denen durch ein in regelmässiger Periodicität sich selbst erhaltendes Spiel von Kräften ein beständiger Abfluss veränderlicher Zustände bedingt wird. Sie besteht also gewissermassen aus drei Theilen, dem Thätigen der Gegenwart, den Ruinen der Vergangenheit und den Keimen der Zukunft, oder mit andern Worten, es giebt für jeden gegebenen Moment drei Betrachtungsweisen der Pflanze. Wir können sie einmal ansehen als das Resultat der vorangegangenen Veränderungen, als das Product einer lebendigen Thätigkeit, die aber jetzt nicht mehr existirt — zweitens können wir in derselben nur den Complex in lebendiger Wechselwirkung begriffener Kräfte annehmen und eine Verbindung auf einander wirkender Organe, die zu ihrer Erhaltung sich gegenseitig Zweck und Mittel sind — endlich drittens können wir die vorhandene Thätigkeit als nur in dem Bestreben begriffen auffassen, den gegenwärtigen Zustand aufzulösen und zu vernichten, um einen zukünftigen noch nicht vorhandenen vor-

zubereiten und herbeizuführen. Es ist aber für sich klar, dass jede einzelne dieser Betrachtungsweisen, und wenn sie noch so scharfsinnig und geistreich durchgeführt wird, nur ein todtes unbrauchbares Bruchstück geben kann, da uns zwei Drittheile des Lebens fehlen, dass sie daher um so sicherer auf Einseitigkeiten und Falschheiten führt, je consequenter sie verfolgt wird. Aber es ist eben so leicht einzusehen, dass von jenen drei Betrachtungsweisen in einem gegebenen Momente nur die zweite möglich ist, denn aus dem, was ist, lässt sich weder das, was war, noch was seyn wird, ableiten, wenn wir nicht erst anderweitig das Gesetz des Fortschritts gefunden haben. Wir können also überhaupt nie vollständige wissenschaftliche Einsicht in einen einzelnen gegebenen Zustand erlangen, wenn wir nicht seine Ableitung aus dem vorigen und damit erst seine Bedeutung erkennen. Diese Ableitung aus dem vorigen kann uns aber wiederum nur durch Einsicht in die Gesetzmässigkeit der Ableitung möglich werden, diese uns aber nur durch eine vollständige Vergleichung der ganzen Reihe wechselnder Zustände zur Erkenntniss kommen. Mit einem Wort: die einzige Möglichkeit, zu wissenschaftlicher Einsicht in der Botanik zu gelangen, und somit das einzige und unumgängliche methodische Hülfsmittel, welches aus der Natur des Gegenstandes sich von selbst ergiebt, ist das Studium der Entwickelungsgeschichte. Alle übrigen Bemühungen haben immer nur adminiculirenden, untergeordneten Werth und führen nie zu einem sichern Abschluss auch nur des unbedeutendsten Punktes. Nur die Entwickelungsgeschichte kann uns über die Pflanze das Verständniss eröffnen, ja selbst alle Anordnung der Pflanzen ist sicher nur möglich, nicht durch Vergleichung einzelner Zustände, sondern ihrer vollständigen Entwickelungsgeschichten.

Das ist eigentlich für sich so klar, dass man sich wahrlich wundern muss, dass man erst in der allerneuesten Zeit anfängt es zu erkennen. Der Grund dieser langen Nacht beruht aber ohne Zweifel wieder auf der mangelhaften philosophischen Orientirung der Bearbeiter. Hätten sie die eigentliche Stellung und Bedeutung der Botanik richtig erkannt, so würden sie niemals auf den thörichten Versuch gekommen seyn, das ewig Bewegte und Wechselnde aus einem einzelnen herausgerissenen Zustande begreifen zu wollen, während doch eben das eigentlich Wissenschaftliche in irgend einer Disciplin nur in dem Begreifen, in der Einsicht, nicht aber in dem bloss gedächtnissmässig Aufzufassenden liegt.

Ueber die Natur des Mondes wird uns noch so intensives Anstarren einer einzelnen Phase an bestimmter Stelle nicht aufklären; würde ein neuer Planet entdeckt, so bedarf der Astronom wenigstens die Beobachtung dreier verschiedener Zustände, um Einsicht in seine Natur zu gewinnen, und doch sind hier die Verhältnisse so einfach und das Gesetz, unter das sich das Object fügen muss, ist schon im Voraus bekannt. Bei der lebenden Pflanze aber, wo die Complicationen so unendlich viel verwickelter sind, wo das Gesetz erst gesucht werden soll, glaubt man mit der Beobachtung eines vereinzelt herausgerissenen Zustandes ausreichen zu können.

Fragen wir nun nach dem Urtheil, welches die Geschichte unserer Wissenschaft selbst in der blossen systematischen Bestimmung und Anordnung gesprochen hat, so erkennt man sogleich, wie man Schritt für Schritt der sich aufdringenden Wahrheit hat nachgeben müssen, ohne gleichwohl den Muth zu haben, das Princip mit einem Male rein anzuerkennen und als obersten Grundsatz an die Spitze der Wissenschaft zu stellen. *Linné* wollte Alles auf die Betrachtung der blühenden Pflanze beschränken und nahm nur ungern ausnahmsweise zur Frucht seine Zuflucht. Bald musste man die Frucht ganz mit aufnehmen, aber auch zu Saamen und Embryo greifen; neue Inconvenienzen, und man ging wieder auf Ovarium und Eichen zurück wegen Abort von Fächern und Eichen. Die Blüthe wies auf eine Knospe und die Lage der Blätter in derselben zurück. Aber ordentlich mit Unwillen scheint man diesen Forderungen der Natur nachgegeben zu haben und es ist auch in der That mit diesem Flickwesen gar nicht viel genutzt und wir stehen Gottlob mit der Systematik jetzt fast so, dass man keine Pflanze mehr bestimmen kann, wenn man nicht die Originalexemplare neben sich hat. Jeder hat seine eigne Sprache, weil Jeder seine eigne Ansicht hat, von denen die meisten nichts taugen, weil sie nicht wissenschaftlich begründet sind. Wir haben grosse Werke genug über Gräser, ja einzelne Forscher haben ihnen fast ihr ganzes Leben gewidmet; was wissen wir von ihnen? so gut wie gar nichts; begreifen wir ihren Bau? keineswegs. Nur das eminente Naturgenie *Rob. Brown* hat auch hier einen Meistergriff gethan und den rechten Weg angedeutet, den aber keiner seiner Nachfolger betreten hat; das hätte zu viel Mühe gekostet und statt eines dicken unbrauchbaren Bandes hätte man in derselben Zeit höchstens ein dünnes, aber freilich brauchbares Schriftchen liefern können. Vergleicht man neben einander liegend drei oder vier neuere Bearbeitungen der Cy-

peraceen, so muss dem, der sich nicht an die Ueberschrift hält, der nicht die ganze Quälerei des terminologischen Unsinns durchgemacht hat und die in Parenthesen freigebig mitgetheilten Synonyme zu Rathe zieht, nothwendig der Gedanke entstehen, die Verfasser sprächen von eben so vielen himmelweit verschiedenen Familien. Zu solchem haltungslosen Herumtappen und principlosen Hin- und Herrathen führt die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte unvermeidlich. Ich habe, seit ich zuerst meine Untersuchungen über *Secale cereale* bekannt machte, viele Gräser untersucht und überall dieselbe Regelmässigkeit in der Anlage, drei symmetrisch gebildete Staubfäden, drei damit alternirende *lodiculae* (*corolla*) und damit alternirend drei *) *paleae* (*calyx*) gefunden; überall zeigen sich die *glumae* ohne allen Zweifel als *bracteae*, von denen bald die obere, bald die untere keine Blüthe in ihrer Achsel hält. Ueberall sieht man die oberen Bracteen abortiren. Hier ist aber noch ein unendliches Feld der Untersuchung zu bearbeiten, welches durch Hin- und Herrathen nur noch ärger mit Unkraut bestreut wird, als ohnehin schon geschehen. Wie viel Papier ist nicht über die Bedeutung des *utriculus* bei *Carex* verschrieben worden; hat wohl ein einziger Botaniker sich die Mühe genommen zuzusehen, wie er sich bildet? Mit dem Abortus ist grosser Missbrauch getrieben worden; aber hier, wo er sich leicht nachweisen lässt, hat Niemand an ihn gedacht. Ueberall zeigen die *Carices* im frühesten Zustande ein gleichförmiges dreitheiliges *perianthium*, zwei Theile davon verwachsen später zum *utriculus* und der dritte ist noch lange inwendig zu erkennen, ehe er völlig verschwindet. Wahrscheinlich ist der *hamulus* bei *Uncinia* nichts als dieses dritte *phyllum*.

Ich habe schon oben S. 66 auf einen wesentlichen Unterschied in der lebendigen Entwickelung der Pflanzen und Thiere aufmerksam gemacht, nämlich auf den Mangel an *adolescentia* bei den Pflanzen. Dies ist eben, was für uns noch bei weitem mehr als für den Zoologen das Studium der Entwickelungsgeschichte als erstes und einziges regulatives Princip an die Spitze aller unserer Bestrebungen stellt. Die Pflanze ist überall nicht ein zu einer gegebenen Zeit fertiges, völlig entwickeltes Einzelwesen, sondern besteht nur aus einer stetigen Reihe sich auseinander entwickelnder Formen und Zustände. Diese Anschauungsweise

*) Ueberall findet man die *palea superior* bei *Oryza* als dreinervig beschrieben, weil man geglaubt hat, ein gekieltes Blatt müsse am Kiel auch einen Nerven haben; *Oryza* weicht aber eben so wenig ab, als irgend ein anderes Gras.

ist die allein naturgemässe und richtige und jede andere vermag die wahre Natur der Pflanze nie zu fassen. Ehe dies nicht allgemein in der Botanik anerkannt wird, werden wir nicht aus dem trostlosen Zustande herauskommen, in welchem wir uns jetzt befinden.

Unter Studium der Entwickelungsgeschichte dürfen wir aber nicht ein unmethodisches Hineingreifen in frühere Zustände verstehen, wie das leider nur zu häufig geschieht. Die Regel, an die wir uns hier binden müssen, ist, dass wir im Allgemeinen von der Flüssigkeit an bis zur Form der Zelle und von dieser bis zur Zusammensetzung derselben zu Pflanze und Organ eine solche stetige Reihe von Zuständen beobachten, dass auch durchaus keine Lücke vorhanden ist, die möglicherweise einen einflussreichen Zustand bergen könnte und durch Vermuthungen auszufüllen wäre. Die ganze Reihe aller Mittelstufen muss sinnlich erfasst werden, dann erst haben wir eine sichere Grundlage für die Induction gewonnen, um die Gesetzmässigkeit der Veränderungen ableiten zu können. Jede dazwischen eintretende Lücke macht das ganze Resultat unsicher und man hat höchstens Beiträge für einen folgenden stetigen Beobachter gefunden. An diesem Fehler leiden die meisten Arbeiten *Meyen's*. So z. B. fehlen bei seinen Untersuchungen über *Viscum album* die Verfolgung des Verlaufs des Pollenschlauchs und die ganze Entwickelung des Embryobläschens zum Embryo *); *Mirbel* in seinen Untersuchungen über die Gräser **) hat ebenfalls den Verlauf des Pollenschlauchs und die Entwickelung des Embryosacks von seinem ersten Erscheinen bis zum Vorhandenseyn eines schon ziemlich ausgebildeten Embryos übersprungen. Dadurch kam er bis zum Schluss, der Embryosack sey das Embryobläschen. Schon sechs Wochen nach Erscheinen seines Werks sah sich der wahrheitsliebende Mann gezwungen, sein Ableugnen des Embryosacks zurückzunehmen, und damit fällt seine ganze Arbeit als bedeutungslos zusammen, weil nun natürlich die Frage, auf die es hier allein ankommt, woher stammt der Embryo, wieder völlig unbeantwortet dasteht.

Diese völlige Stetigkeit der Entwickelungsreihe ist aber freilich nicht leicht zu erhalten, da es sich hier meistens um sehr kleine Gegen-

*) *Meyen*, noch einige Worte über den Befruchtungsact und die Polyembryonie der Phanerogamen. Berlin, 1840.

**) *Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale; Voy. Comptes rendus des Séances de l'académie des sciences, séance du* 18 *mars* 1839.

stände handelt, bei denen sich eine bestimmte Altersstufe im Voraus gar nicht erkennen lässt. In einem vielsaamigen Fruchtknoten z. B. finden sich leicht alle Zustände vom ersten Antreten des Pollenschlauchs bis zur Abschnürung des Embryobläschens neben einander vor, aber es hängt rein vom Zufall ab, ob ich die rechten Zustände alle treffe; ich finde vielleicht bei aller Mühe den einen Tag stets nur den letzten Zustand und muss am folgenden und vielleicht noch manche Tage meine Untersuchungen aufs Neue beginnen, bis ich die vollständige Reihe beisammen habe. Hier bleibt nun kein anderes Mittel übrig, als jede verschiedene Erscheinung durch den Bleistift zu fixiren, damit man nachher alle einzelnen Zustände neben einander legen und dann durch Vergleichung in ihrer Zeitfolge einordnen kann. Deshalb ist es aber auch so unerlässlich nothwendig, dass jeder Botaniker selbst zeichnen könne; wer das nicht kann, wird auch nie etwas von Belang liefern. Ein Zeichner, und wenn man ihn auch beständig neben sich sitzen lassen könnte, kann hier nie genügend aushelfen, weil er nie weiss, worauf es eigentlich ankommt, während das doch so wesentlichen Einfluss auf Brauchbarkeit und Richtigkeit der Zeichnung hat. Ein Punkt, der hier wesentlich zu berücksichtigen seyn wird, ist folgender. Wir können unsere Verfolgung der Entwickelungsgeschichte wegen des nothwendigen Präparirens in den überwiegend meisten Fällen nicht an einem und demselben Individuum fortführen. Jeden anderen Zustand müssen wir gewöhnlich einem anderen Exemplare entnehmen, und da hat man sich sehr zu hüten, dass man nicht blos individuelle Abweichungen mit zwischen die wirklichen Entwickelungsstufen einschiebt; dadurch verwirrt man wenigstens Andern den Ueberblick, oft sich selbst. Ich möchte hier beispielsweise *Mohl's* Entwickelung der Sporen bei *Anthoceros laevis* *) anführen, wo der gründliche *Mohl*, wie ich glaube, eher zu viel als zu wenig mitgetheilt hat; mir scheinen nach der Analogie mit ähnlichen Entwickelungen, z. B. der Pollenkörner bei der *Oenothera elata* u. a., hier gar viele blos zufällige Verschiedenheiten als Entwickelungsstufen aufgeführt zu seyn, abgesehen davon, dass hier wahrscheinlich die Circulation übersehen und die Strömchen z. B. Taf. V. Fig. 9—20 zu festen Stäbchen oder Scheidewänden geworden sind. Dagegen scheint der in Fig. 1, 3, 10, 14, 15, 17—19, 21 und 22 deutlich vorhandene Cytoblast in den dazwischen liegenden Nummern nicht

*) *Linnaea* Bd. 13, S. 273.

beachtet zu seyn, weil er wahrscheinlich auf der andern Seite der Zelle unter dem dichteren Schleim sich verbarg. So bleiben, wie mir scheint, nur 1, 4, 5, 10, 22—29 als wirkliche Entwickelungsstufen übrig.

Die Entwickelungsgeschichte, wie ich hier ihre Aufgabe gestellt, ist die reichste Quelle für neue Entdeckungen und wird es noch für lange Zeit bleiben. Kaum ist noch ein einziges Organ, oder eine einzige Pflanze so vollständig, wie es die Wissenschaft verlangt, in ihrer ganzen individuellen Entwickelung verfolgt worden und man kann getrost zugreifen, wo man will, und sicher seyn, dass man bei treuer, redlicher und stetiger Beobachtung einen Schatz neuer Thatsachen und meist auch neue Gesetze zu Tage fördert, während das sogenannte Speculiren über halb unbekannte, halb missverstandene Thatsachen, wie wir es namentlich in der Schelling'schen Schule finden, die Wissenschaft mit einem Wust unbrauchbaren Geschwätzes verwirrt, und man höchstens den Erfolg hat, von einigen unklaren, unphilosophischen Köpfen eine Zeitlang angestaunt zu werden, bis die gesund sich entwickelnde Wissenschaft über kurz oder lang die *materia peccans* auswirft und das närrische Zeug in die grosse Polterkammer menschlicher Thorheiten kommt.

Ich spreche hier also als allgemeines Regulativ aus: jede Hypothese, jede Induction in der Botanik ist unbedingt zu verwerfen, welche nicht durch Entwickelungsgeschichte orientirt ist.

4. *B.* Maxime der Selbstständigkeit der Pflanzenzelle.

Ich habe die Entwickelungsgeschichte obenan gestellt, weil ich die Morphologie, für welche sie die Grundlage liefert, für das eigentlich charakteristische Moment in der Botanik halten muss (vergl. oben S. 74); indess ist auch schon erwähnt worden, dass es auch neben der Gestaltung immer unsere Aufgabe bleibt, die in den chemisch-physikalischen Processen in Folge des Gestaltungsprocesses eintretenden Modificationen, also mit einem Wort das Leben der Pflanze zu erforschen. Auch hier bedürfen wir der Beobachtung und des Experiments, auch hier gewinnen diese ihre eigenthümliche Bedeutung erst durch ein aus der Natur des Objects hergenommenes methodisches Regulativ. Folgende Sätze können wir hier als unbestreitbar voraussetzen:

a) Die einfachsten, aber doch vollkommenen Pflanzen bestehen nur aus einer einzigen Zelle, z. B. *Protococcus*.

b) Die anderen Pflanzen sind wesentlich ganz aus einzelnen Zellen zusammengesetzt.

c) Bei den Kryptogamen ist es eine einzelne Zelle (Spore), die wenigstens bei vielen Algen und Pilzen nackt (nicht mit einem eigenthümlichen Stoff überzogen) ist, aus welcher sich die neue Pflanze ohne Zuthun eines Andern als der gewöhnlichen physikalischen Einflüsse entwikkelt, also liegt das Gesammtleben der Pflanze implicite hier schon in der einzelnen Zelle.

d) Bei vielen Moosen trennt sich eine als einzeln erkennbare Zelle aus dem Zusammenhang und entwickelt sich selbstständig zu einer neuen Pflanze, z. B. bei *Gymnocephalus androgynus*, *Marchantia polymorpha*.

e) Dem analog können regelwidrig eine oder mehrere Zellen auch bei höheren Pflanzen aus dem Zusammenhang eines Blattes treten, für sich ein gesondertes Leben anfangen und zu einer neuen Pflanze erwachsen, z. B. *Malaxis* und *Ornithogalum*.

Auf diese Weise lässt sich nun schon vollkommen der Schluss begründen, dass im Wesentlichen das Leben der Pflanze im Leben der Zelle enthalten seyn muss, und selbst im Zusammenhang mit der ganzen Pflanze nie so ganz untergeordnet wird, dass es nicht unter begünstigenden Umständen wieder als ganz selbstständig hervortreten könnte; dass wir daher den vollständigen, aber einfachsten und daher verständlichsten Ausdruck des ganzen Pflanzenlebens in dem Leben der einzelnen Zelle suchen und finden müssen, dass wir das Leben der ganzen Pflanze nur als eine Modification, gleichsam als eine höhere Potenz des Zellenlebens, anzusehen haben und daher jenes natürlich nie verstehen lernen können, ehe wir nicht dieses vollständig in die Gewalt unserer wissenschaftlichen Einsicht gebracht haben. Wenn wir es dahin gebracht haben, so müssen wir Alles vom Lebensprocess der ganzen Pflanze abziehen, was sich dann aus dem Leben der einzelnen Zelle schon ohnehin erklärt und etwa nur dadurch modificirt erscheint, dass in der ganzen Pflanze viele Zellen nebeneinander leben und dadurch mehr oder weniger aufeinander einwirken. Erst was sich nicht aus dem Zusammentreffen der Vitalitätsäusserungen der einzelnen Zellen erklären lässt, dürfen wir dann als einen eigenthümlichen Lebensact der ganzen Pflanze als solcher ansprechen und dafür aufs Neue nach eignen Erklärungsgründen suchen.

Hier liegt nun eben in der Vernachlässigung dieses Regulativs der Grundfehler, der unsere ganze jetzige Pflanzenphysiologie bis auf wenige Einzelheiten so völlig unbrauchbar macht.

Fast unsere ganze Physiologie besteht in einem unklaren Hin- und Herreden über die Functionen ganzer Organe und ganzer Pflanzen, aus dem gar nichts zu machen ist, weil es an aller Grundlage fehlt, von welcher man ausgehen könnte. Alle die endlosen Versuche, Abhandlungen und Streitigkeiten über die Ernährung der Pflanzen, über den Athmungsprocess u. s. w. sind sammt und sonders für die Vergessenheit geschrieben, weil alle sich mit ihren Fragen an die ganze Pflanze wenden, ehe sie wissen, wie es mit der einzelnen Zelle steht. Ich dächte es wäre aber von selbst klar, dass die in einzelnen Zellen vor sich gehenden chemischen Processe gewaltig verschiedene Resultate geben müssen, wenn wie bei *Cactus* viel Oxalsäure, oder bei Nadelhölzern viel Harz, oder bei einer Labiate viel ätherisches Oel, oder bei einer Knolle viel Stärkemehl gebildet wird, wenn die Polarpflanze Monate lang dem nie getrübten Sonnenlichte ausgesetzt ist, während bei der nah verwandten Tropenform Licht und Dunkel in regelmässiger zwölfstündiger Periode wechseln. Alle hier einschlagenden Versuche müssen ohne alle Berücksichtigung der früheren plumpen Experimente ganz von vorn angefangen werden und zwar an Pflanzen wie *Protococcus*, *Spirogyra*, *Chara* u. s. w., wo man es nur mit einer oder wenigen Zellen, die schon von Natur im Wasser leben, zu thun hat und bei denen man daher bei der grössten Erleichterung in den Versuchen die sichersten und einfachsten Resultate zu gewinnen hoffen darf.

Es ist aber schon früher bemerkt worden, dass wir so lange noch gar nichts vom Leben der Pflanze erklärt haben, so lange wir nicht die physikalischen oder chemischen Vorgänge nachgewiesen haben, auf denen dasselbe beruht. Und grade hierfür ist es nun unerlässlich nothwendig, dass wir unsere Untersuchungen bei dem einfachsten Fall der einzelnen Zelle beginnen. Dass wir bei der grossen Complication der meisten chemisch-physikalischen Erscheinungen niemals ins Klare kommen werden, wenn wir hier die Sache von hinten anfangen, ist wohl von selbst klar. Dafür muss aber noch Alles geschehen und nirgends ist es lächerlicher, ein System aufzustellen, als in der Pflanzenphysiologie, wo wir noch kaum den Eingang in die Wissenschaft, geschweige denn ihre Principien und Grundbegriffe gefunden haben. Auch hier ergiebt eine genaue Prüfung des vorhandenen Materials, dass wir kaum an einigen unbedeutenden Punkten die Grundlage für eine empirische Induction gewonnen haben, also

noch viel arbeiten müssen, wenn unsere Enkel vielleicht in den Stand gesetzt seyn sollen, die ersten Schritte in der Wissenschaft zu machen.

Ich spreche also als zweites allgemeines Regulativ hier aus: jede Hypothese, jede Induction ist unbedingt zu verwerfen, welche nicht darauf abzielt, die an der Pflanze vorgehenden Processe als Resultat der an den einzelnen Zellen vor sich gehenden Veränderungen zu erklären.

Alle nicht unter den angegebenen Regeln und Cautelen angewendeten Inductionen, Hypothesen und Analogien entbehren auch jedes Scheingrundes zur Bestimmung des Urtheils und haben, wenn sie auch noch so geistreich klingen, absolut gar keinen wissenschaftlichen Werth. Ich nenne sie nach Analogie der Fictionen der Einbildungskraft, Fictionen der Urtheilskraft, oder kurz Fictionen.

5. Ich will zur Erläuterung dessen, was ich über Inductionen gesagt habe, noch einige Beispiele von Verwirrungen ausführen, die aus der falschen Anwendung der Inductionen, Hypothesen und Analogien hervorgegangen sind.

A. Falsche Induction.

Aeltere Physiologen bauten auf dem Aufsteigen des Frühlingssaftes und der Continuität des Lumens der Spiralgefässe und porösen Röhren ihre Theorie der Bewegung der Nahrungsflüssigkeit, deren Nothwendigkeit auch nur in Folge einer unhaltbaren Analogie mit den höheren Thieren postulirt wurde; dabei setzten sie stillschweigend voraus, dieselbe Erscheinung, dieselben Organe würden sich bei weiterer Untersuchung auch wohl bei den übrigen Pflanzen finden. Tausende von Pflanzen sind seitdem untersucht, die keine Spur von jenen sogenannten Gefässen zeigen, die keine Andeutung eines solchen Aufsteigens der Säfte geben, noch mehr sind einzelne Pflanzentheile und darunter zum Theil die wichtigsten, z. B. Saamenknospe und Anthere bekannt geworden, die oft gar keine, oft nur wenige und bis zum eigentlichen *Punctum saliens* gar nicht hinreichende Gefässe haben, gleichwohl muss in ihnen allen eine lebhafte Fortbewegung des Saftes stattfinden, weil sie vegetiren und eigenthümliche Stoffe bilden, neue Zellen entwickeln u. s. w., ja selbst bei den ganz im Wasser wachsenden Fucoideen bleibt, was man ganz übersehen hat, die Frage nach der Art der Saftbewegung stehen, da doch nur die äussersten Zellen unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen. Weit entfernt aber, dass man nun die ältere Theorie, die ihre Begründung und ihren Sinn ganz verloren hatte, fallen liess und nach neuen

Bahnen suchte, hat man sich seitdem auf die wunderbarste Weise bemüht, die neuen widersprechenden Thatsachen zurechtzuzerren und mit dem alten Vorurtheil zu verknüpfen. Die ehrlichsten Pflanzenphysiologen haben zwar noch die Capitelüberschrift von der Saftbewegung in den Pflanzen, sie sprechen aber im ersten §. von dem Holzkörper, im zweiten §. vom Holzkörper der Dikotyledonen, und im dritten erfährt man endlich, dass ihrer Ansicht nach in der Linde, die grade vor ihrem Fenster grünt, der Saft in den porösen Gefässen des Splintes aufsteige, von den übrigen 119,999 Pflanzen auf der Erde ist nicht weiter die Rede, die mögen sehen, wie sie sich selber helfen.

Der Fehler ist hier leicht zu sehen. Wir schliessen aus vielen Fällen auf Einheit der Regel, unter der Voraussetzung, dass die andern Fälle sich auch unter die Regel fügen werden. Aber man vergass, dass schon ein einziger Fall, der sich der Regel entzieht, derselben allen Werth raubt.

B. Falsche Hypothese.

Am verderblichsten für die Fortbildung der Botanik hat eine falsche Ansicht gewirkt, die von *Dupetit Thouars* ausgegangen bis auf den heutigen Tag noch die Botaniker verwirrt. Ich meine die Ansicht, dass die Knospen (und Blätter) die Ursprünge des Stammes wären, dass die Verdickung des Stammes und seine neuen Gefässbündel die herabsteigenden Wurzeln der Knospen seyen. Es ist nicht wohl nachzukommen, ob *Thouars* noch durch etwas Anderes, als durch den bekannten Erfolg des Ringschnitts an der Rinde zu seiner Annahme geführt worden ist, so viel aber ist klar, dass es eine ganz leere, durch nichts gestützte Fiction ist, denn über den Ursprung der Theile kann nichts als eine Verfolgung der Entwickelungsgeschichte Aufschluss geben und die giebt hier das Gegentheil an die Hand. Wie blind sich Viele in dies angelernte Vorurtheil festgerannt haben, zeigt sich auf die schlagendste Weise in einem Aufsatz von *Georg Gardner* (*Ann. and Mag. of Nat. Hist. Sept.* 1840 *p.* 61), wo es heisst: „Man braucht nur einen Längsschnitt eines Palmenstammes mit seinen Blättern anzusehen, um sich, und wäre man der grösste Skeptiker, zu überzeugen, dass die Holzsubstanz (die Gefässbündel) von den Blättern gebildet werde.“ Es ist grade dasselbe, als wenn ich behauptete, man könnte einem ausgespannten Faden auf den ersten Blick ansehen, ob das obere oder untere Ende zuerst befestigt sey.

Der Fehler ist hier, dass die Hypothese nicht orientirt ist gegen leitende Maximen, namentlich die Maxime der Entwickelungsgeschichte; darüber, wie etwas geworden, giebt nur die Verfolgung des Vorgangs selbst Aufschluss.

C. Fehlerhafte Analogie.

Ein wichtiges Beispiel, welches einen ganz allgemeinen auch in den Schriften der besten Bearbeiter vorkommenden Fehler betrifft, ist der Schluss aus der angeblichen Analogie zwischen Thieren und Pflanzen, der ganz und gar nur ein logischer Fehler und in der Unbekanntschaft mit der Bedeutung und dem Werth der Analogie begründet ist. (Vergl. *Fries* System der Logik S. 463.) Der Schluss müsste hier ausgeführt z. B. so lauten:

a) Thiere sind organische Wesen.

b) Alle Thiere pflanzen sich durch geschlechtliche Zeugung fort.

c) Also werden sich wohl alle organische Wesen durch geschlechtliche Zeugung fortpflanzen.

d) Pflanzen sind organische Wesen.

e) Also findet bei der Fortpflanzung der Vegetabilien geschlechtliche Zeugung statt.

So aufgelöst ist leicht einzusehen, dass erstens der Satz *b* wenigstens für den jetzigen Stand der Wissenschaft materiell falsch ist, zweitens dass der erste Schluss gar nicht concludent ist, denn ich kann wohl von vielen Theilen einer Sphäre auf die ganze mit Wahrscheinlichkeit schliessen, aber nicht, wo nur zwei Glieder sind, von dem einen aufs Ganze, da mir ja kein Regulativ gegeben ist, wonach ich beurtheilen könnte, ob das, was ich durch diesen Schluss vom Artbegriff auf den generischen übertragen will, nicht grade eine specifische Differenz der beiden Glieder begründet. Ganz dieselbe Form haben aber alle die Schlüsse, wo in botanischen Schriften von der Analogie mit den Thieren die Rede ist. So hat also in allen diesen Fällen der Schluss aus Analogie nicht etwa nur einen untergeordneten Werth, sondern gradezu gar keinen, und ist selbst entschieden schädlich, weil er eine durchaus schiefe Ansicht der ganzen Sache veranlasst.

6. Es wird hier am Orte seyn überhaupt etwas über den Werth der vergleichenden Betrachtung der Naturkörper zu sagen, deren Werth weit überschätzt ist, weil man die logische Bedeutung derselben verkannte. Wir haben eine Zeit erlebt, wo sich diese verkehrte Anwen-

dung der vergleichenden Anatomie bis zu der exorbitanten Behauptung hinaufgeschroben hatte, dass der Mensch in seinem individuellen Entwikkelungsprocess nach und nach alle unter ihm stehenden Thierclassen durchlaufe. Solche Irrwege waren nur dem möglich, der sich durchaus im Voraus keine Rechenschaft gegeben hatte, was die vergleichende Anatomie eigentlich leisten könne und solle.

Wenn wir organisirte Naturkörper unter einander vergleichen, so kann es uns nicht entgehen, dass Form und Leben bei einigen einfacher, bei andern zusammengesetzter erscheint. Es ist aber schon ein ganz falscher Ausdruck, wenn wir dafür die Worte unvollkommen und vollkommen, niedrige oder höhere Entwickelungsstufe gebrauchen. Dieser Ausdruck hat nämlich keine wissenschaftliche Schärfe, sondern ist nur ein bildlich veranschaulichender. Wenn eine Conferve bestimmt wäre ein Eichbaum zu seyn, so wäre sie freilich sehr unvollkommen; sie soll aber eben nur eine Conferve seyn und ist, wenn sie gesund entwickelt ist, als Conferve vollkommener als eine verkrüppelte Eiche. Gleichnissweise mögen wir aber das Einfachere das Unvollkommnere nennen, obwohl das Gleichniss umgekehrt sich eben so gut durchführen liesse. Bleiben wir uns aber bewusst, dass das Ganze nur ein Gleichniss ist, so versteht sich von selbst, dass uns die Vergleichung der sogenannten niedern Organismen mit den höheren nie Resultate gewähren kann, die für den individuellen höhern Organismus gültig wären; denn solche Resultate können eben nur aus der Erforschung des höhern Organismus selbst gewonnen werden. Es bleibt uns also die Frage, welchen wissenschaftlichen Werth hat denn überall die vergleichende Betrachtung der organischen Wesen? Mir scheint die Antwort sehr nahe zu liegen: sie giebt uns leitende Maximen für die Untersuchung der einzelnen Naturkörper an die Hand und dient somit der Methode. Wir brauchen dafür nur ihre grossartigste Anwendung zu betrachten. Die genauere vergleichende Zusammenstellung musste bald darauf führen, dass an der Stelle einfacher Formen, einfacher Processe in einem Organismus, in einem andern zusammengesetztere sich zeigen, dass die einfachsten Wesen sich dadurch, dass man gleichsam für jedes Einfache zwei Factoren setzt, als deren Product es erscheint und dann bei den Factoren so fortfährt, zuletzt zu den verwickeltsten Complicationen überführen lassen. Dies war es auch, was das Gleichniss von der Entwickelung des Vollkommneren aus dem Unvollkommneren annehmbar erscheinen liess. Dieses Gleich-

niss ist aber eben nichts Anderes, als die in neuerer Zeit erst in ihrer ganzen Wichtigkeit anerkannte leitende Maxime: die Bedeutung und das Wesen eines Organismus oder eines Organs kann nur aus seiner Entwickelungsgeschichte oder daraus erkannt werden, wie aus dem einfachsten Keime das vielfach zusammengesetzte Geschöpf geworden ist.

So wie es nun hier im Allgemeinen ist, so auch im Einzelnen. Die vergleichende Betrachtung ist niemals ausreichend zur Begründung irgend eines Satzes, wodurch ein gegebener Naturkörper in seiner individuellen Natur bestimmt werden soll, wohl aber wird sie meistens uns Fingerzeige geben, sey es Warnung vor Irrwegen, sey es Hindeutung auf den richtigen Weg, sey es Anleitung, wie er am sichersten zu betreten, kurz leitende Maximen, wie und wo wir am sichersten die Aufklärung des fraglichen Punktes bei dem gegebenen Naturkörper zu suchen haben *).

7. Endlich muss ich, wenn auch widerstrebend, noch auf einen wichtigen Punkt eingehen, der die schwärzeste Schattenseite unserer gegenwärtigen Botanik ausmacht und zwar aus dem Grunde, weil dabei niemals an die Anwendung der Induction gedacht ist und ein geistloses Wortemachen sich geltend gemacht hat, welches wahrlich alle Grenzen überschreitet, ich meine die Terminologie. Kaum aber kann man diesen Punkt in der Botanik berühren, ohne sich über das gänzlich unwissenschaftliche, wahrhaft widerliche Treiben, das in dieser Beziehung in der Botanik herrschend geworden ist, in derbe Bitterkeiten zu ergiessen. Wahren Unsinn und kindische Spielerei mit Worte-machen hat man unter einem griechischen Namen Terminologie als eine wissenschaftliche Disciplin hingestellt. Jeder meint hier das Recht zu haben, um seiner Eitelkeit zu fröhnen, wenn er nichts Besseres leisten kann, wenigstens neue Worte in die Wissenschaft einzuschieben, ja selbst Männern von Talent scheint oft die Wissenschaft ganz in ein leeres philologisches Spiel sich verkehrt zu haben. Man kann dreist behaupten, dass nur wenige ausgezeichnete Männer wie *Rob. Brown* einen richtigen Begriff von dem haben, was eigentlich Terminologie in der Wissenschaft sey. Er,

*) Die Anwendung der vergleichenden Methode zur Anordnung der Naturkörper gehört nicht hierher und versteht sich von selbst, da ich überall nicht zwei Körper als zusammengehörig hinstellen kann, wenn ich sie nicht vergleiche.

von dem wir sagen können, dass er mehr in der Wissenschaft geleistet, als die meisten Botaniker, die je gelebt, hat Alles mit der bekannten Terminologie ausgerichtet und selten ein neues Wort gebraucht, und die untergeordnetsten Geister muthen uns zu, für die bekanntesten Dinge eine barbarische und unnütze Sprache zu lernen, um zuletzt zu erfahren, dass Alles auf leere Worte hinausläuft. Dass die Botanik eigne Begriffe hat, dass sie diese bezeichnen müsse, ist gewiss; aber dass diese Bezeichnung nur dann an ihrem Ort ist, wenn wirklich ein neuer Begriff festzuhalten ist, und dass deshalb Alles auf die Begriffsbildung ankommt, ist eben so gewiss. Mit dem Begriff steht und fällt sein Zeichen, das Wort. Meist ist aber von wissenschaftlichen Begriffen bei den Botanikern gar nicht die Rede, die wesentlichsten Dinge: Wurzel, Stengel, Blatt, Blüthe u. s. w. schweben ihnen nur in schematischer Undeutlichkeit vor und ich behaupte, dass unter den Büchern, die mir bekannt geworden, nicht ein einziges ist, in welchem diese Worte nicht in einem Sinne gebraucht werden, der der eignen Erklärung des Verfassers widerspricht. Meistens werden statt gründlicher Begriffsentwickelungen und strenger Definitionen halbfertige Erörterungen hingeworfen, man bespricht diese oder jene Eigenthümlichkeit eines Dinges, die einem gerade gegenwärtig ist, und damit ists gut. Finden wir nicht z. B. die Definition: „Naturgeschichte ist die Lehre von den natürlichen Körpern, sofern sie symmetrisch sind"; kann man etwas Oberflächlicheres sich denken? warum nicht lieber die Krystalle bei der Geologie untergebracht und dann gesagt: „sofern sie rund sind oder sofern sie sich bewegen oder sofern sie aus nass und trocken bestehen", Alles eben so richtig und eben so nichtssagend. Oder: „ein organischer Körper ist ein solcher, der sich selbst bildet, erhält und zerstört, ein unorganischer beharrt in demselben Zustande ohne Bildung". Hat der Mann etwa ein Kind ohne Mutter sich bilden sehen, ohne Nahrung und Atmosphäre und alle die tausend chemisch-physikalischen Einflüsse von Aussen leben lassen u. s. w. oder hat er gesehen, wie ein Werkmeister die Salzlauge zum Krystall zusammenknetet oder an einen gebildeten Krystall neue Tafeln ansetzt und zur Krystallvegetation zusammenleimt? „Ein organischer Körper ist lebend, denn er bewegt sich durch eigene Kräfte". Ist denn die Grundkraft der Masse, die Mutter aller Bewegungen, die Gravitation etwa keine eigne Kraft, und was wäre dann Leben anders als das Todte und todt anders als das allein wahrhaft Lebendige, der Geist, denn er

bewegt sich gar nicht, weil für ihn in seiner Selbstständigkeit kein Raum gilt. Nichtssagende Worte findet man aller Ecken und Enden, man mag aufschlagen wo man will. „Wurzel“, definirt Einer, „ist Alles, was an der Pflanze abwärts, d. h. unter einer Horizontalfläche fortwächst“; kurz vorher bestimmt derselbe das Spargelrhizom, das stets unter der Erde fortwächst, als Stengel und die reifenden Früchte von *Arachis hypogaea*, die sich in den Boden einwühlen, wird der Verfasser doch wohl nicht zu den Wurzeln rechnen.

Eben bei dieser schematischen Trübheit fehlt es denn auch an aller Auffassung der wesentlichen Merkmale und Sonderung derselben von den unwesentlichen Nebenbestimmungen. Sowie irgend Einer eine kleine Verschiedenheit auffasst, wird das gleich festgehalten und, als wäre ein neuer Begriffe da, ein neues Wort erfunden. Welche tolle Synonymik hat allein der Begriff des Stengels aufzuweisen. Da ist *cormus*, *caulis*, *scapus*, *caudiculus*, *rhizoma*, *pedunculus*, *receptaculum*, *discus*, *lecus*, *torus etc.* und mit allen diesen Ausdrücken bleiben die wahrhaft wesentlichen Verschiedenheiten noch unbezeichnet. Für den allerwichtigsten Unterschied des Stengels mit entwickelten und unentwickelten Internodien, mit geschlossenen und ungeschlossenen Gefässbündeln haben wir keine Ausdrücke. Eben so werden auf der andern Seite aus demselben Grunde Dinge, die ganz verschieden sind, mit demselben Namen bezeichnet. *Ovarium* und *discus* bezeichnet ebensowohl Stengel als Blatt, *albumen* bezeichnet ebenso den *nucleus* des Eichens wie die Füllmasse des Embryosacks, *radix* bezeichnet Stengel- und Wurzelorgane und wiederum die ächte Wurzel und die Adventivwurzeln, die in ihrer Entwickelungsweise himmelweit verschieden sind u. s. w. Ein wahrhaft grauenhafter Unsinn ist unsere Fruchtterminologie; die unwesentlichsten Modificationen haben oft zehn eigne Namen, wesentliche Verschiedenheiten sind unbezeichnet. Wir haben Botaniker, deren ganze Weisheit beinahe im Anfertigen neuer griechischer Wörter besteht. Dazu kommt nun noch der gänzliche Mangel an Uebereinstimmung im Gebrauch der Worte, besonders der Adjectiven*).

*) *Secale cereale:*
Spica simplex, *rachis inarticulata*, *Kunth* Agrostographie.
Spica composita, *rachis articulata*, *Nees v. Esenbeck Genera plantarum.*

Sollte man wohl meinen, dass beide Männer von derselben Pflanze und einer Pflanze sprechen, die seit Jahrtausenden bekannt ist?

Fragen wir nach der Ursache der ungeheuren Fortschritte, welche in den letzten 50 Jahren die Chemie gemacht, so wird Jeder, der die Wissenschaft kennt, gestehen, dass einen wesentlichen Antheil daran der Umstand habe, dass die Chemiker mit eiserner Strenge an die Ausbildung einer consequenten wissenschaftlichen Terminologie sich gehalten haben. Fragen wir den Zoologen, warum sein Studium so viel weiter gediehen ist, als die Botanik; weil er nicht sein halbes Leben darauf verwenden muss, um 100 Worte für dieselbe Sache auswendig zu lernen, während der Botaniker vor lauter leeren Namen und Worten nicht zur Sache kommt. Würde einer den Zoologen nicht für närrisch halten, der den Hals nicht Hals nennen wollte, weil er 10 Wirbel hat und nicht wie der menschliche 7, wenn er die vierfingerige Hand von der fünffingerigen durch ein anderes Wort unterscheiden, oder den Flügel der Fledermaus mit demselben Wort bezeichnen wollte, wie den des Schmetterlings. In der Botanik geschieht dergleichen täglich, ohne dass man sich darüber wunderte. Endlich kommt noch dazu, dass die philologische Wortklauberei sich so ganz bei den Botanikern festgesetzt hat, dass jedes lateinische Wort, welches in einer Beschreibung gebraucht ist, gleich zum wissenschaftlichen Terminus gestempelt wird und wir mit saurer Mühe statt Botanik in Vorlesungen und Büchern einen Auszug aus *Scheller's* Lexikon erhalten *). Sollen wir aus diesem Wust herauskommen, so muss vor Allem sich besonders bei den ausgezeichneten Männern, welche als Führer uns vorangehen, der bescheidene Sinn *Rob. Brown's* geltend machen, welcher sich stets, oft fast zu ängstlich, an die Leistungen seiner Vorgänger anschloss und nur fallen liess, was entschieden materiell unhaltbar war, und nur neue Worte brauchte, wo

*) In *Endlicher* und *Unger* Gdz. d. Bot. kommt der Satz: „*x* ist schmal (*angustus*), oder breit (*latus*), lang (*longus*), oder kurz (*brevis*) u. s. w.", 6mal vor; „*x* ist aufrecht (*erectus*) oder aufsteigend (*ascendens*) oder steif (*strictus*) u. s. w." 7mal; der Satz: „*x* ist länglich (*oblongus*), oder eiförmig (*ovalis*), oder elliptisch (*ellipticus*) u. s. w." 13mal, eben so oft die Ausdrücke für Linienformen (*filiformis, triangularis etc.*) und für Körperformen (*campanulatus, turbinatus etc.*). Die Ausdrücke über Randtheilungen (*crenatus, serratus etc.*) kommen 8 Mal. Der Satz: „*x* kann häufig (*copiosus*) oder selten (*rarus*) oder sehr selten (*rarissimus*) u. s. w. seyn," sogar 5 Mal auf 2 Seiten u. s. w. Ein unzweifelhafter Vorzug der „Grundzüge" vor jedem lateinischen Lexikon, worin alle diese Ausdrücke doch nur einmal ins Deutsche übersetzt werden.

entschieden neue Dinge zu bezeichnen waren. Dann aber müssen wir das Grundprincip des grossen *Linné* wieder aufnehmen, wo wesentlich nur Ein Begriff ist, auch nur Ein Substantivum zu gebrauchen und die Modificationen desselben durch Adjectiva auszudrücken *). Nicht blos unter den Naturkörpern, auch unter den Begriffen giebt es Geschlechter und Arten. Aber, wird die Frage entstehen, wie lernen wir das Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden, Identisches als solches kennen und wirkliche Verschiedenheiten auffassen? Die Antwort ist sehr einfach. Jeder Begriff ist eine Regel und seine Sphäre umfasst die Fälle, die unter der Regel stehen. Alle Regeln haben wir aber in der Botanik inductorisch zu begründen: *Syllogismus ex propositionibus constat, propositiones ex verbis, verba notionum tesserae sunt. Itaque si notiones ipsae (id quod basis rei est) confusae sint et temere a rebus abstractae, nihil in iis, quae superstruuntur, est firmitudinis. Itaque spes est una in inductione vera. Baco von Verulam nov. organ.*

Hier ist aber zweierlei scharf zu unterscheiden. Es giebt nämlich zwei ganz verschiedne Classen von Kunstausdrücken je nach dem Zweck, für welchen sie aufgestellt werden. Zur Lösung der vorbereitenden Aufgabe in der Botanik (vergl. S. 72 ffg.) bedürfen wir der Sprache und also der Worte, und hier giebt es nur ein einziges Gesetz für den Gebrauch derselben, welches sich leicht als Postulat aufstellen lässt, dem zu folgen aber nur Gabe des Talents ist. Die Beschreibung einer Pflanze soll nämlich ihrer Erkennung dienen und muss daher möglichst anschaulich seyn. Alle Anschaulichmachung beruht aber immer auf bildlicher Redeweise, auf Hypotypose, und dafür kann nur der ästhetische Tact in Anspruch genommen werden, welchen nicht Jeder besitzt. Zunächst werden wir hier immer die Ausdrücke aus der reinen Anschauung, aus der Mathematik entlehnen und so weit dies möglich ist, haben die Worte noch fast ganz bestimmte Bedeutung. Dreieckig, viereckig, kegel-, kugelförmig, cylindrisch, prismatisch, sind solche ganz bestimmte Ausdrücke,

*) Ein gewiss zu beherzigender Vorschlag wäre hier noch zu machen, der uns von vielem Wirrwarr befreien würde, dass nämlich die ausgezeichnetern Botaniker übereinkommen möchten, aus der Terminologie alle die Worte streng zu verbannen, die in der Zoologie einen bestimmten Begriff haben, denn es ist leider nur zu gewiss, dass es bei Weitem mehr Menschen giebt, die nach blossen Worten, als solche, die nach Begriffen denken.

die keiner Definition bedürfen, weil sie anschaulich sind und doch bestimmt bezeichnen, weil sie in reiner Anschauung bei Jedem auf gleiche Weise gebildet werden. Daneben stellen sich die Grössenbestimmungen, die schon unbestimmter werden, weil sie meistens relativ gebraucht werden und ihre Bestimmung nur in Beziehung auf ein angenommenes Grundmaass liegen kann. Aber weit reichen wir mit diesen mathematischen Bezeichnungen nicht und dann bleibt uns nichts übrig, als rein bildliche Ausdrücke zu wählen. Hier kann dann aber nur der Tact den Einzelnen leiten und Niemand ist hier durch seinen Vorgänger gebunden, wenn er ein besser bezeichnendes Wort zu finden weiss.

Ganz anders ist es aber mit den eigentlich botanischen Kunstwörtern. Sie bezeichnen eben bestimmte Begriffe in der Wissenschaft. Diese sind inductorisch aus der Natur des Gegenstandes abzuleiten; sie binden, so lange die Gültigkeit der Induction, durch welche sie gebildet wurden, nicht angetastet wird, unbedingt Jeden, der als Mitarbeiter in der Wissenschaft auftreten will, und es ist Leichtsinn, hier mit den Worten zu spielen und ohne Grund neue Worte einzuführen, feststehende Begriffe abzuändern, ohne diese Aenderung durch hinlängliche Induction zu stützen. Insbesondere ist hier hervorzuheben, dass unsere Wissenschaft Botanik heisst und sich mit Pflanzen beschäftigt, nicht aber Wörter klaubende Philologie. Botanische Begriffe sind der Inhalt unserer Wissenschaft und Wörter nur die an sich gleichgültigen Zeichen für dieselben. Nur Grossthuerei und Pedanterie werden hier ein recipirtes Wort blos deshalb abschaffen, weil es etwa einem griechischen oder lateinischen Wortkünstler nicht genehm ist. Wenn aber gar Worte, die seit Jahrhunderten in der Wissenschaft zur Bezeichnung eines bestimmten Begriffs allgemein anerkannt und unangetastet eingebürgert sind, aus etymologischer Kleinigkeitskrämerei nicht etwa abgeschafft, sondern beibehalten, aber mit einem ganz andern Begriffe verbunden werden, so heisst das gradezu dem gesunden Menschenverstande ins Gesicht schlagen und absichtlich Verwirrung in die Wissenschaft bringen, man müsste denn des bescheidenen Glaubens seyn, dass, weil man es einmal ausgesprochen, alle übrigen Botaniker sich beeilen würden, ihre Werke darnach umzuarbeiten. Beispiele werden für das Gesagte leider im Ueberfluss im Verlauf dieses Werks vorkommen.

Richtige inductorische Ableitung der Begriffe und unabänderlich feste Bezeichnung der richtig gebildeten ist die nothwendige und unab-

weisbare Bedingung, wenn die Wissenschaft fortschreiten und statt mit Wörtern zu spielen Einsicht und Erkenntniss fördern soll.

8. Ich will nun schliesslich noch einige Bemerkungen über die öffentliche Darlegung der in der Wissenschaft gewonnenen Resultate geben, wobei auch Manches anders seyn sollte, als es ist.

Ganz unwillkürlich richtet man an manches Buch die Frage: warum bist du denn da? Wenn man nun dadurch sich an die Vorrede gewiesen fühlt und diese nachliest, so findet man sicher eine treffliche Auseinandersetzung von der Zeitgemässheit oder dem allgemein gefühlten Bedürfnisse entweder der Sache selbst, oder doch dieser für eigenthümlich ausgegebenen Form und Einkleidung. Man bleibt aber häufig bei dem Argwohn stehen, dass das eigentlich zwingende Bedürfniss für den Verfasser ein rein subjectives gewesen sey. Doch um diesem Argwohn zu entgehen, ist eben die Vorrede geschrieben und damit der Kritik das Recht gegeben, alle ihre ernsten Ansprüche an das Buch geltend zu machen. Nun glaube ich wird mir gewiss Jeder, der sich durch unsere neuere botanische Literatur durchgearbeitet hat, recht gern eingestehen, dass die Hälfte aller erschienenen Bücher nicht nur ohne Verlust, sondern etlicher schwacher Seelen willen, die noch an den gedruckten Buchstaben glauben, sogar mit Gewinn für die Wissenschaft ungeschrieben geblieben wären. Wenigstens noch ein Viertheil kommt dazu, die einen oder den andern guten Gedanken, der in zwei Zeilen zu sagen gewesen wäre, in einer geschmacklosen Brühe durch ganze Bände hindurch ziehen, und endlich von dem letzten Viertheil, die auch materiell wirklich viel Gutes bringen, sind noch viele, die es in einer so traurigen Form vorbringen, dass man ihnen allen Beruf zur Schriftstellerei absprechen muss. Wenn der Engländer in einer einfachen Zeitungsanzeige seine Muttersprache verunstaltet, so trifft ihn öffentliche Verhöhnung und Spott; wir Deutsche dagegen, kaum erst vom Unsinn des scholastischen Latinismus genesen, glauben uns wenigstens das Recht vorbehalten zu müssen, in unsern wissenschaftlichen Büchern Mustersammlungen zum Corrigiren für deutsche Sprachschüler zu liefern; von halbwegs blühendem, schönem Styl ist ohnehin selten die Rede. In dieser Beziehung sind uns Engländer und Franzosen unendlich voraus, bei denen man stets eine correcte, gebildete und schöne Sprache findet, während wir in unserer albernen Nachäfferei eher fünf fremde Sprachen

richtig lernen, ehe wir unsere eigne Muttersprache nur erträglich reden und schreiben können*).

Insbesondere will ich hier noch auf eine widerliche Geschmacklosigkeit aufmerksam machen, welche zumal den Botanikern anklebt. Es ist dies das Hervortreten der eignen völlig gleichgültigen und unbedeutenden Persönlichkeit des Schriftstellers und seiner alltäglichen und trivialen Lebensereignisse. Für wissenschaftliche Arbeiten kann man nicht leicht eine unpassendere und unschönere Form erdenken, als die vertrauten Briefe, durch welche man erfährt, dass der Verfasser als Student arm war, was doch Niemand interessirt als die Commission der Freitische, oder dass er bei seinen botanischen Excursionen viel Forellen gegessen, wo sie am besten, wo am theuersten gewesen und dergleichen mehr, wodurch besonders die pflanzengeographischen Berichte in der Flora sich auszeichnen. Wenn uns in der grossartigen Scenerie der Cordilleren plötzlich die Persönlichkeit eines *Humboldt* lebendig entgegentritt, so lassen wir uns gern vom graden Wege der Forschung für eine Zeitlang ablenken, es ist ein *Humboldt*, der uns begegnet, eine Staffage, welche auch die grossartigste Natur noch hebt. Denen aber, die nachahmend Stil und Manier *Humboldt's* wiederzugeben suchen, kann man nur mit Virgil zurufen: *quod licet Jovi non licet bovi.*

Aber auch abgesehen von der Sprache ist's in vielen Büchern eine leidige Noth mit der Form. Wie wenige Schriftsteller, die ihren Stoff denkend bewältigt haben, die klar und besonnen Thatsache und Raisonnement, Induction und Polemik, Lehre und Geschichte neben einander zu ordnen wissen, bei denen nicht alle diese Elemente verwirrend durch-

*) *Endlicher* führte äusserst zweckmässig für das schlechte Wort „*ovulum*" das Wort „*gemmula*" in die Kunstsprache ein. In den Grundzügen der Bot., wo er mit philologischer Kleinigkeitskrämerei das seit Jahrhunderten eingebürgerte Wort „*pericarpium*" wegen etymologisch mangelhafter Zusammensetzung verwirft, übersetzt er, „*gemmula*" durch „Keimknospe". „Keim" bezeichnet aber im Deutschen den „*Embryo*", „Knospe" den unentwickelten Zustand irgend eines Organs, welches letztere zur nähern Bezeichnung dem Wort „Knospe" vorgesetzt wird, z. B. Blattknospe, Blüthenknospe. — Die „*gemmula*" ist aber nicht im allerentferntesten die Anlage zum Embryo, und der grosse Philologe versteht seine eigene Muttersprache nicht oder hat nicht Achtung genug vor derselben, um ihr eben so viel Nachdenken zu schenken, wie irgend einer längst begrabenen todten Sprache.

einander laufen. Welche Mühe kostet es nicht oft auch bei Männern von berühmtem Namen herauszufinden, was sie wollen, was denn eigentlich ihre Meinung über einen bestimmten Gegenstand sey; da werden Gründe für und wider eröffnet, dann etwas Geschichte mitgetheilt, dann ein Schriftsteller widerlegt und vielleicht gleich darauf einige für ihn sprechende Thatsachen beigebracht, und endlich ist man am Ende und sucht vergebens nach einem Urtheil des Verfassers; nicht als ob er grade durchaus entscheiden sollte, aber auch nicht einmal eine Erklärung darüber findet man, ob er die Sache für spruchreif hält oder nicht und wie die eigentliche Aufgabe scharf zu fassen sey. Oft kann man selbst den Argwohn nicht unterdrücken, dass der Verfasser absichtlich sich hinter dieser Verwirrung verstecke, damit man ihn nicht bei irgend einer bestimmten Ansicht festhalten könne. Insbesondere aber wird das ewige Wiederholen all des alten historischen Wustes lästig. Dem in die Wissenschaft Eingeweihten ist es unnütz und langweilig, dem Schüler zeitraubend und verderblich, weil er vor lauter guten und schlechten Meinungen der Schriftsteller gar nicht zur Sache selbst gelangt. Auf jeden Fall sollte bei guter Anordnung des Stoffes das Dogmatische vom Historischen gänzlich getrennt seyn, obwohl ich überhaupt nicht einsehe, weshalb man es aus den Lehrbüchern nicht ganz herauswirft. Wo fällt es denn dem Zoologen, dem Mineralogen, dem Chemiker und Physiker ein, bei jeder Einzelnheit die Literatur dreier Jahrhunderte wieder mit einzuschwärzen und dem Leser für frische Waare zu verkaufen? Besonders verwerflich ist aber das endlose Wiederholen längst abgethaner Irrthümer mit allen Gründen und Gegengründen. Diese gehören nicht der Darstellung der Sache und selbst nicht einmal der Geschichte der Wissenschaft an (indem diese nur die fortschreitende Entwickelung der Lehren zu geben hat), sondern lediglich der Geschichte des menschlichen Geistes, insofern hier auch von seinen Verirrungen Rechenschaft zu geben ist. Ich habe schon erwähnt, wie wir eine Menge Bücher besitzen meistens von jüngeren Leuten, in welchen Eine aufgefundene Thatsache, Ein neuer Gedanke gemissbraucht wird, um mit Hülfe tüchtiger Compilation ein ganzes Buch zu fabriciren und in Umlauf zu bringen; gewöhnlich soll dann die matte Entschuldigung, dass das Eigenthümliche überhaupt in der neuen Anordnung des Stoffes liege, die Dürftigkeit des materiell Brauchbaren entschuldigen. Aber wie traurig würde man da getäuscht werden, wollte man sich darauf einlassen. Von allen

unsern Handbüchern weiss ich ausser *Linné's Philosophia botanica* fast kein einziges, welches auf das Prädicat einer consequenten systematischen Einheit und einer durchdachten formellen Durcharbeitung und Anordnung des Stoffes Anspruch machen könnte, und zwar ohne dass dieser Mangel aus der Mangelhaftigkeit des Stoffes vom Verfasser selbst gerechtfertigt würde, der im Gegentheil gewöhnlich sich stellt, als sey die Wissenschaft schon fertig und vollkommen in seinem Besitz. Auch bei den bessern Schriftstellern findet sich die unglückselige Leidenschaft, sich nicht mit dem zu begnügen, was man wirklich leisten kann, sondern auch hier der angeblichen Vollständigkeit wegen das aufzunehmen, worüber man nichts weiss. Die Sucht, über Alles eine Meinung zu haben und zu äussern, man könnte wohl sagen, die Monomanie, Systeme zu schreiben, wo wir uns sagen sollten, dass wir von dem ganzen zu bearbeitenden Felde noch nicht den hundertsten Theil übersehen, hat viel Noth und Leid in unsere Wissenschaft gebracht. Aber man bringe einmal einen Irrthum wieder aus der Wissenschaft heraus, der erst durch hundert gedruckte Bücher durchgegangen, das ist fast schwerer, als die ganze Wissenschaft neu erfinden.

„Besonders macht sich das Falsche dadurch stark, dass man es mit oder ohne Bewusstseyn wiederholt, als ob es wahr wäre" *).

Insbesondere traurig ist es, dass so viele Deutsche, statt selbst etwas Tüchtiges zu leisten, nur fremde Werke *) ins Deutsche übersetzen, was bei den französischen zumal doch eine ganz überflüssige Arbeit ist, denn welcher nur irgend auf Bildung Anspruch machende Deutsche verstände nicht so viel französisch, um solche Bücher im Original lesen zu können? Und was wird damit gewonnen? Nur zu häufig sind solche Sachen weit hinter dem Stand der gründlichen deutschen Wissenschaft zurück oder sie geben eben nur die Resultate deutscher Arbeiten, selbst bis auf die Copien deutscher Zeichnungen, obwohl etwas später wieder und der demüthige Deutsche empfängt nun dankbar aus der dritten Hand von „berühmten ausländischen Männern", was er aus Mangel an selbstständigem Urtheil und kindisch vom Auslande sich gängeln lassend oft 10 Jahre vorher bei seinen eignen Landsleuten verschmäht hatte. Höchst verwerflich ist es allerdings, wenn Nationalstolz sich in der Wissenschaft

*) *Goethe*, zur Naturwissenschaft und Morphologie. Bd. II. S. 114.

*) Oft sogar nur Schulbücher z. B. *Jussieu cours de bot. élément.*

in der Weise geltend macht, dass man lieber mit dem Unvollkommenen sich begnügt, weil man vom Auslande nicht lernen kann oder will. Aber noch kläglicher ist die Erscheinung, wofür in der ganzen Literaturgeschichte fast nur der Deutsche zahlreiche Beispiele geliefert hat, dass er so wenig gediegnen Nationalsinn hat, mit Anerkennung der eignen ausgezeichneten Leistungen stets so lange zu warten, bis ein lobendes Wort eines Ausländers es ihm gnädigst erlaubt hat.

Hiermit schliesse ich diese Bemerkungen über Methode in der Botanik mit dem innigen Wunsch, dass endlich einmal ein ernsteres wissenschaftliches Streben in der Botanik allgemeiner erwachen und sie der Erfüllung des Berufs näher führen möge, welchen ich geglaubt habe als ihren eigentlichen aussprechen zu dürfen.

Si quis me nimis altum sapere dicat, respondeo simpliciter: In civilibus rebus esse modestiae locum, in contemplationibus veritati.

Baco von Verulam.

Die Botanik

als

inductive Wissenschaft.

Allgemeiner Theil.

Erstes Buch.

Botanische Stofflehre.

Erstes Capitel.

Von den anorganischen Bestandtheilen.

§. 5.

Die in den Pflanzen bis jetzt aufgefundenen chemischen Elemente sind folgende:

1) Kohlenstoff (*C.*); 2) Wasserstoff (*H.*); 3) Sauerstoff (*O.*); 4) Stickstoff (*N.*); 5) Chlorine (*Cl.*); 6) Iodine (*I.*); 7) Brom (*Br.*); 8) Schwefel (*S.*); 9) Phosphor (*P.*); 10) *Silicium* (*Si.*); 11) *Kalium* (*K.*); 12) *Natrium* (*Na.*); 13) *Calcium* (*Ca.*); 14) *Magnium* (*Mg.*); 15) *Aluminium* (*Al.*); 16) *Ferrum* (*Fe.*); 17) *Manganium* (*Mn.*); 18) *Cuprum* (*Cu.*).

Die genannten Stoffe kommen in der Pflanze in sehr verschiedenen Verhältnissen vor. Kohlenstoff ist von allen der wichtigste und verbreitetste. Er bildet gleichsam das Skelet, die feste Grundlage der Pflanze, denn bei vorsichtigem Verkohlen kann man beinahe die ganze Textur der Pflanze bis in ihre feinsten Theile unversehrt erhalten, während man fast alle Stoffe bis auf den Kohlenstoff vertreibt. Auch bei der freiwilligen Zersetzung der Pflanzen bleibt er am längsten unverändert und man erkennt an Braun- und Steinkohlen oft noch vollkommene Pflanzenstructur, in einzelnen Fällen sogar Familie und Geschlecht, aus welchen sie stammen. Frei kommt der Kohlenstoff aber nirgends in der Pflanze vor.

Wasserstoff und Sauerstoff bilden mit dem Kohlenstoff die meisten nähern Bestandtheile der Vegetabilien und häufig, besonders in den wichtigern Stoffen, in dem Verhältniss verbunden wie sie Wasser bilden.

Sauerstoff kommt auch frei in Flüssigkeiten gelöst in der Pflanze vor. Auch Wasserstoff in den Pilzen.

Stickstoff in Verbindung mit den vorigen bildet einige wichtige Substanzen. Ob er frei vorkommt, bei den Pilzen, ist wohl noch nicht ganz ausgemacht.

Chlor, Iod und Brom kommen wohl nur als Salzbilder in der Pflanze vor. Ersteres besonders in Strand- und Steppenpflanzen, die beiden letztern nur in den Meerpflanzen.

Schwefel und Phosphor finden sich in den meisten Pflanzen als Schwefel- und Phosphorsäure (letztere besonders häufig in den Saamenhüllen der Gräser); beide auch in Verbindung mit Protein als constituirende Bestandtheile des Eiweisses, Caseins u. s. w.

Silicium kommt fast in allen Pflanzen als Kieselerde vor, oft in auffallend grosser Menge, z. B, bildet sie bei

Equisetum	*limosum*	— 94,85
„	*arvense*	— 95,48
„	*hiemale*	— 97,52
Calamus	*Rotang*	— 97,20

der ganzen Asche*). Wo Kieselerde sehr vorwaltend ist, wie in der Rinde und Oberhaut der grösseren Gräser, der rohrartigen Palmen und der Schachthalme, zeigt die Asche bei vorsichtigem Verbrennen noch so vollständig die Formen und Structurverhältnisse der Pflanze, dass man selbst die mikroskopischen Theile genau unterscheiden kann**). Die Kieselerde besteht dabei aus kleinen Blättchen, Körnchen oder Nadeln, oft durch das Glühen zusammengesintert, zerstört man dagegen einen solchen Pflanzentheil durch concentrirte Schwefelsäure, so erhält man die Kieselblättchen u. s. w. frei und unzusammenhängend, was zugleich beweist, dass nicht das Silicium, wie *Reade****) will, mit der Pflanzenmembran chemisch verbunden, oder gar selbst organisirt wird, was freilich auch sonst ein ganz unhaltbarer Gedanke ist.

Kalium, Natrium, Calcium, Magnium, Aluminium, Eisen, Mangan und Kupfer kommen nur als Oxyde mit Säuren verbunden in den Pflanzen vor, die ersten 7 in sehr verschiedenen Verhältnissen vielleicht in allen Pflanzen, Kupfer, so viel bis jetzt bekannt, nur in wenigen.

Einer alten Volkssage nach, die besonders in Norddeutschland zuweilen noch gehört wird, soll das Lindenholz Gold enthalten †).

Ueber den Ursprung der genannten Stoffe in der Pflanze, insbesondere über die Beantwortung der Frage, ob die Metalle von aussen in die Pflanze aufgenommen oder durch den Vegetationsprocess aus den zuerst genannten vier Elementen gebildet werden, ist unter Chemikern und Phy-

*) u. **) *H. A. Struve de silicia in plantis nonnulla. Diss. inaug. Berol.* 1835.

***) *London and Edinburgh phil. Mag. and Journ.* 1837 *Nov.*

†) Vergleiche auch *A. v. Humboldt Florae Fribergensis specimen. Berol.* 1793 *p.* 134.

siologen jetzt nur eine Ansicht, dass nämlich in der Pflanze kein einfacher Stoff vorkommen kann, wenn er nicht von aussen her aufgenommen war. Die entgegengesetzte Ansicht von *Reade* *) kann heutzutage nur als Curiosität aufgeführt werden, die kaum der Widerlegung durch die Arbeiten von *Saussure*, *Davy*, *Lassaigne*, *John*, *Jablonsky* **) u. A. bedarf. Auch ist nicht wohl einzusehen, was die berliner Akademie bewogen haben kann, das einzige sehr rohe Experiment *Schrader's* und das meist höchst confuse Raisonnement *Neumann's* zu krönen, welche Beide, freilich unterstützt durch *Braconnot*, hauptsächlich die verkehrte Ansicht in Gang brachten ***). Bedenkt man, wie gering bei den meisten Pflanzen die Aschenmenge ist, und wie ungeheuer die Wassermenge, die sie im Verlauf ihrer Vegetation aufsaugen und wieder ausdunsten, so kann man leicht einsehen, dass schon eine im Wasser kaum durch die empfindlichsten Reagentien nachzuweisende Menge von Salzen genügt, um die Pflanze hinlänglich zu versehen.

§. 6.

Die genannten Elemente bilden unter einander binäre Verbindungen, von denen folgende für die Pflanzen die wichtigsten sind:

a) Sauerstoffverbindungen, vor allem Wasser (Aq, HO oder $\dot{H}$) und Kohlensäure (CO^2 oder $\ddot{C}$), dann Oxalsäure ($\overline{O}$ oder $\dddot{C}$), die andern Sauerstoffsäuren, endlich die Oxyde der genannten Metalle.

Von den angedeuteten Stoffen ist Wasser der wichtigste. Ohne Wasser giebts kaum einen chemischen Process, geschweige denn ein Pflanzenleben, die meisten Pflanzen enthalten es in bedeutender Menge, so dass z. B. *Ceratophyllum demersum* aus 0,90 Wasser und nur 0,10 fester Substanz besteht.

Kohlensäure ist ebenfalls weit verbreitet, mit dem Wasser die Hauptnahrung der Pflanzen und kommt häufig frei im Saft aufgelöst in der Pflanze vor, bei Nacht fast in jeder Pflanze, bei Tage auch in reifenden Früchten, den Luftwurzeln u. s. w. In Folge der Athmungs- und Verbrennungsprocesse an der Erde und der vulcanischen Thätigkeit ist die Atmosphäre eine unerschöpfliche Quelle von Kohlensäure für die Pflanzen.

Oxalsäure, wie es scheint beständig durch die in der Pflanze vorgehenden chemischen Verbindungen und Zersetzungen erzeugt, findet sich wahrscheinlich in allen Pflanzen, frei kommt sie z. B. in den Saftpflanzen

*) Vergleiche a. a. O.

**) *Jablonsky de conditionibus vegetationi necessariis quaedam. Diss. inaug. Berol.* 1832.

***) Vergleiche auch oben S. 78.

der Gärtner, bei Crassulaceen, Ficoideen, Cacteen*) u. s. w. und in den Drüsenhaaren von *Cicer arietinum* vor.

b) Wasserstoffverbindungen, besonders Ammoniak (NH^3, oder NH^3), dann die Chlor-, Iod- und Bromwasserstoffsäuren.

Ammoniak ist wahrscheinlich für alle in der Pflanze vorkommenden Stickstoffverbindungen die Quelle des Stickstoffs; frei kommt es wohl nur in den noch nicht assimilirten Säften z. B. in dem Frühlingssafte der Birken, des Weins, und vielleicht auch in einigen unnatürlich saftigen Culturpflanzen z. B. in den Runkelrüben vor.

§. 7.

Die im vorigen Paragraphen erwähnten Säuren und Oxyde treten zu Salzen zusammen, von denen sehr viele in den Pflanzen gefunden werden, theils in den Säften aufgelöst, theils auskrystallisirt. Die wichtigsten sind die Alkalien mit Pflanzensäuren, Chlor, Brom und Iod verbunden, vielleicht mit Schwefelsäure und Phosphorsäure, ob mit Kohlensäure, ist wenigstens höchst zweifelhaft, ferner die Erden mit Pflanzensäuren, besonders Oxalsäure, mit Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, endlich die Metalle, meist wohl nur in (noch unbestimmten) Verbindungen. Die meisten Salze finden sich in den lebhafter vegetirenden grünen Theilen, Blättern u. s. w., weniger im Holze (*Saussure*). Eine bestimmte Quantität dieser Salze scheint für das Leben der Pflanze unentbehrlich. Ammoniaksalze aus der Atmosphäre und dem Boden scheinen die Hauptquelle für den Stickstoffgehalt der Pflanzen zu seyn.

Schon die älteren ausgezeichneten Untersuchungen von *Fourcroy* und *Vauquelin* **) haben nachgewiesen, dass wohl der grösste Theil der in der Asche gefundenen kohlensauren Salze erst durch das Verbrennen aus pflanzensauren Salzen entstanden sey. Dabei zeigten sie, dass fast alle Pflanzen:

1) essig- und äpfelsauren Kalk enthalten, natürlich in den Pflanzensäften aufgelöst;

2) citronensauren und weinsteinsauren Kalk, der entweder als saures Salz, oder in fester Gestalt in der Pflanze vorhanden seyn muss;

3) oxalsauren Kalk, natürlich in fester Form.

*) Wenn *Liebig* (Annal. 46. S. 77.) für die Cacteen Weinsäure angiebt, so irrt er wenigstens für die meisten Cacteen gewiss.

**) *De la Métherie Journ. de Physique et de Chim. Tome* 68 (1809) *pag.* 429.

Alle diese finden sich in der Asche als kohlensaure Salze vor, welche fast ganz fehlen, wenn man vor dem Glühen die Pflanze nach und nach durch kaltes, kochendes Wasser und diluirte Salzsäure erschöpft hat.

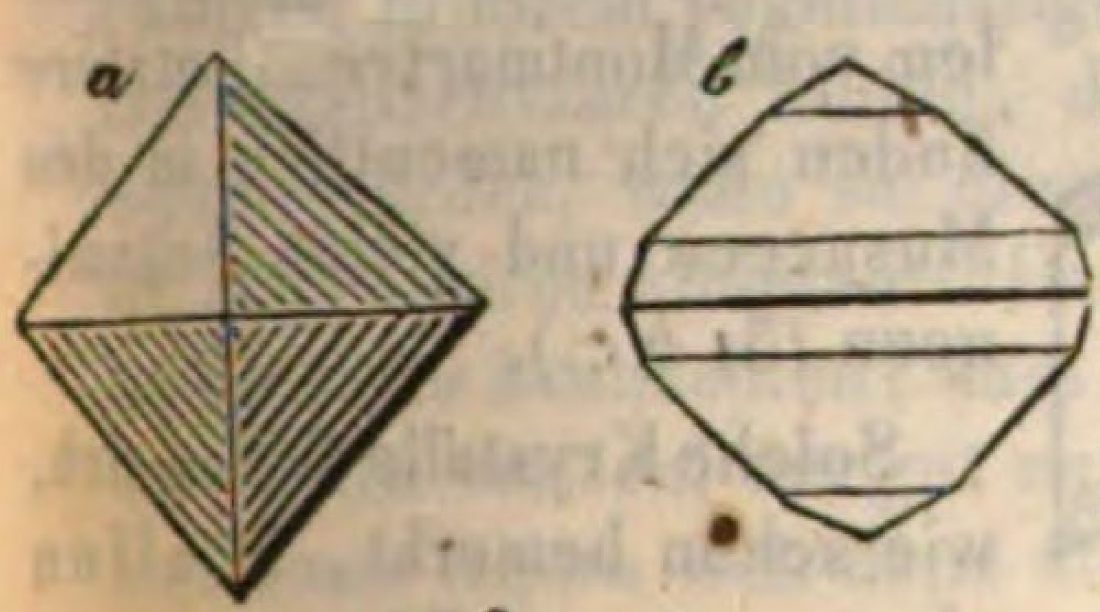
Die Alkalisalze finden sich natürlich alle aufgelöst in der Pflanze, die in Wasser unlöslichen Erdsalze kommen in fester Gestalt und zwar stets krystallisirt in den Zellen vor. Genauer untersucht ist bis jetzt Folgendes. Am allgemeinsten verbreitet ist der oxalsaure Kalk, der in keiner Pflanze zu fehlen scheint, in manchen aber in ungeheurer Menge vorkommt. Ein Stamm von *Cereus senilis* enthielt nach Abzug des Wassers

0,855 oxalsauren Kalk,

0,145 Pflanzensubstanz und übrige unorganische Bestandtheile.

Die Krystallform des oxalsauren Kalks ist das quadratische Oktaeder (2, a.) und das rechtwinklige, vierseitige Prisma (im zwei- und einaxigen System), es kommen sowohl die Grundformen für sich, als auch fast alle erdenklichen Combinationen vor. Man kann folgende Vorkommnisse unterscheiden: *)

2.



3.



1) Feine nadelförmige Krystalle (*Rhaphides De Cand.*) als Combination eines sehr langen Prismas mit einem Oktaeder (3, *b*), dessen Fläche bald wie beim Zirkon, bald wie beim Hyacinth mit den Flächen des Prismas verbunden sind. Diese liegen in Bündel zu 20—30 in einer Zelle, die sie fast ganz ausfüllen, zusammen, in fast allen Pflanzen, z. B. *Phytolacca decandra* (3, *c*).

2) Grössere einzelne Krystalle, entweder die vorige Form (3, *a*) und dann oft sehr lang, z. B. *Agave americana*, oder die Grundformen oder Combinationen von Oktaedern, sowohl erster und zweiter Ordnung, als auch von zwei bis drei stumpferen oder spitzeren (diese letzten Formen besonders schön zwischen dem Pollen vieler Caladieen, im Parenchym alter *Tradescantia*stengel (2, *b*).

3) Grössere Krystalle entweder einem anderen Krystall oder einem organischen Kügelchen so aufgewachsen,

*) Auch der durch Niederschlag künstlich gebildete oxalsaure Kalk ist niemals amorph, wie *Valentin*, *Repertorium* Bd. II. S. 30 Nr. 5 behauptet hat, sondern stets krystallisirt.

2. *Caladii spec.* oxalsaurer Kalk als quadratisches Oktaeder und Combination von 3 Oktaedern zwischen dem Pollen sich findend.

3. *a.* Quadratische Säule mit dem Oktaeder combinirt, *b.* desgleichen sehr lang wie sie bündelweise bei *c.* in einer Zelle beisammen liegen. Letztere nennt man *Rhaphides* nach *De Candolle.* In allen Cacteen häufige Formen des oxalsauren Kalkes.

dass sie eine förmliche Druse bilden, kommen am meisten vor, und es möchte schwerlich eine phanerogame Pflanze zu finden seyn, die nicht zu irgend einer Zeit des Jahres solche Krystalldrusen enthielte, so dass es fast unnöthig erscheint, einzelne zu nennen. Beispiele geben alle Cacteen.

Nächst dem oxalsauren Kalk ist wohl der kohlensaure und zwar als Kalkspath der häufigst vorkommende. Er findet sich in verschiedenen Krystallgestalten, gewöhnlich in reinen Rhomboedern, z. B. in den Cycadeen, vielen Cacteen und in den Blättern der *Costus*arten.

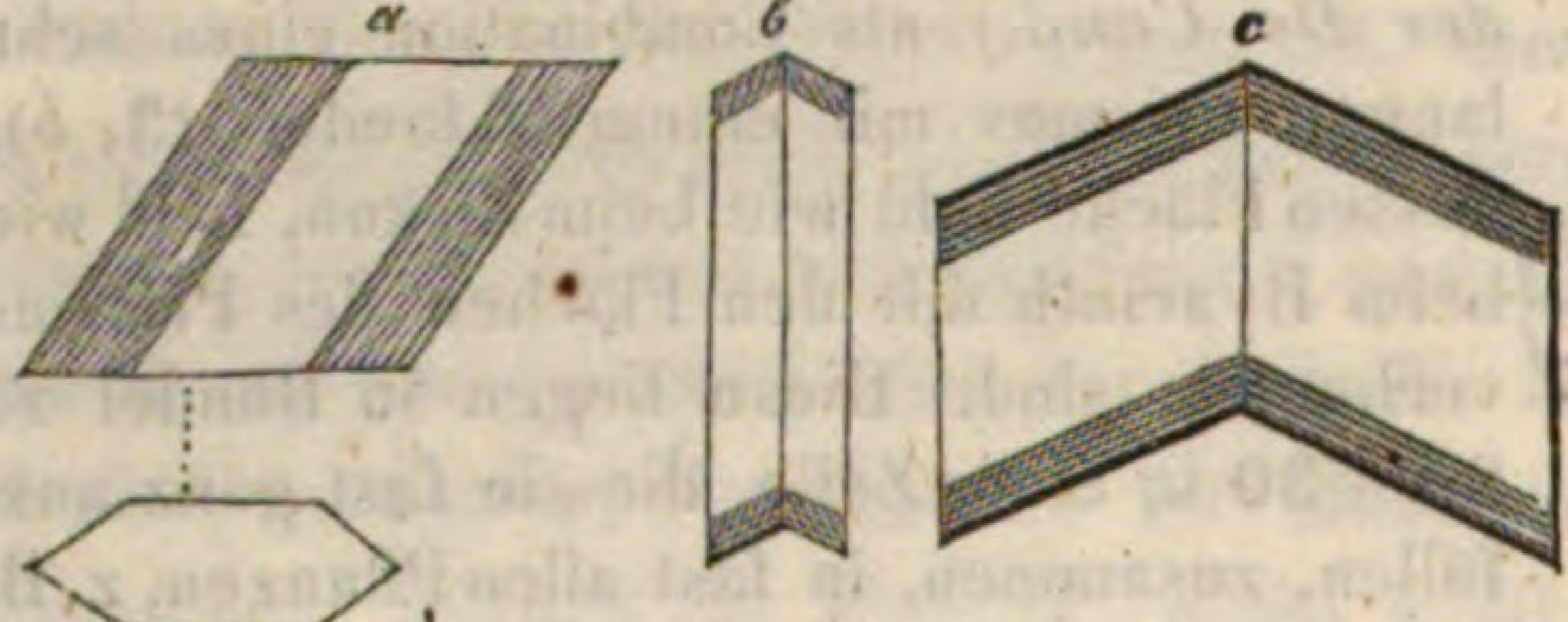
4.



Endlich ist auch schwefelsaurer Kalk bestimmt an seinen Krystallformen in den Pflanzen zu erkennen als zwei- und eingliedriges Oktaeder, in Tafelform als Oktaeder oben und unten durch die Endflächen des Prisma abgeschnitten (5, *a.*), endlich besonders charakteristisch in den Zwillingsformen gleich den Gipskrystallen vom Montmartre. Letztere finden sich namentlich in den Musaceen und vielen Scitamineen (5, *b c.*).

5.

a b c



Solche Krystalle finden sich, wie schon bemerkt, in allen phanerogamen Pflanzen, nur bei den Kryptogamen sind sie verhältnissmässig seltener, doch kommen sie auch hier bei *Chaetophora*, *Hydrurus* und *Chara*, aber nicht in den Zellen, sondern in den Intercellularräumen, bei *Polysperma* und *Spirogyra* dagegen auch in den Zellen vor. Bei den Phanerogamen liegen sie stets in Zellen (auch die Drusen in den Luftgängen von *Myriophyllum*) *), ausserdem aber kommen mehr formlose krystallinische Massen, besonders von kohlensaurem Kalk in den Lufthöhlen und auf den Blättern von *Lathraea* und bei vielen *Saxifraga*arten, z. B. *aizoon*, *longifolia etc.* an den Rändern der Blätter als wahre Excrete vor.

Geschichte. Der Entdecker der Krystalle in den Pflanzen ist *Malpighi*, der die Drusen aus einer *Opuntia* abbildet (*Anatome plant.* Taf. XX. Fig. 105 E). Die nadelförmigen Krystalle entdeckte *Jurine* (*Journ. de Physique* 56). *Meyen* (Phytotomie, Physiologie und sonst), sowie *Unger*

*) *Meyen* Physiologie Bd. I. S. 241 scheint die feine, die Drusen einschliessende Membran übersehen zu haben.

4. Kohlensaurer Kalk (Kalkspath) als Rhomboeder in der Oberhaut vieler Cacteen.

5. Schwefelsaurer Kalk (Gyps) als schiefe 6seitige Säule *a.* einfach mit Darstellung der Grundfläche, *b* und *c* Zwillingskrystalle, sehr häufig in den Blattstielen der *Musa-* und *Strelitzia*arten.

(Annalen d. wiener Museum B. I. S. 3) lehrten die verschiedenen andern Formen kennen. *Buchner* lieferte die erste chemische Analyse und glaubte (wahrscheinlich wegen mangelhafter Untersuchung) phosphorsauren Kalk gefunden zu haben. *Raspail* zeigte zuerst, dass sie meist aus oxalsaurem Kalk beständen, was freilich schon längst von *Scheele* für die Rhabarberwurzel nachgewiesen, aber vergessen war. *Turpin's biforines* sind Zellen in den Scheidewänden der Luftgänge bei Aroideen, die ein Bündel nadelförmiger Krystalle enthalten und wegen ihres Gehalts von Gallerte im Wasser durch Endosmose platzen. In Deutschland waren sie längst bekannt.

Die pflanzensauren Salze der Alkalien und alkalischen Erden, welche wie bemerkt in allen Pflanzen vorkommen und in der Asche als kohlensaure Salze gefunden werden, scheinen für jede Pflanzenspecies eine bestimmte Quantität der Basis in Anspruch zu nehmen, so nämlich, dass die Sauerstoffmenge aller Basen, die mit Pflanzensäuren verbunden sind, sich stets gleichbleibt. Diese interessante Ansicht findet sich, obwohl lange noch nicht bewiesen, bei *Liebig* *). Es ist wenigstens wahrscheinlich, dass die Pflanzen in ihrem regelmässigen Vegetationsprocess eine bestimmte Quantität Pflanzensäuren bilden, die fernerhin störend auf ihre Vegetation einwirken würden, wenn sie dieselben nicht durch Basen, so weit wie nöthig ist, neutralisiren könnten. Dass die Cacteen viel freie Oxalsäure erzeugen, ist leicht zu beobachten; dass sie eine grosse Menge Kalk aus dem Boden aufnehmen müssen, um gut zu gedeihen, ist ebenfalls bekannt; beide Stoffe zusammen lagern sich dann aber als fernerhin ganz indifferente Krystalle in den Zellen ab.

Dass Ammoniaksalze die Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen sind, wurde zuerst von *Th. de Saussure* (Versuche über die Vegetation übers. v. *F. S. Voigt* S. 190) mit Scharfsinn entwickelt, später von *Liebig* (Organ. Chemie in Anw. auf Agricultur und Physiologie 5te Ausg. S. 50 ff.) weiter ausgeführt. Das Endresultat der Fäulniss aller thierischen (stickstoffhaltigen) Stoffe sind flüchtige Ammoniaksalze, welche entweder sogleich durch fixe Säuren im Boden gebunden werden, oder in die Luft entweichen und dann vom Regenwasser absorbirt wieder dem Boden zugeführt werden. Alle Pflanzensäfte die noch mit der kürzlich aus dem Boden aufgenommenen Feuchtigkeit vermischt sind, z. B. der Frühlingssaft der Birken, Weinreben u. s. w. enthalten Ammoniaksalze. Auch sonst kommen Ammoniaksalze in der Pflanze vor. Nicht unbedeutend für die Pflanzen scheint auch die Bildung des Ammoniaks im Boden zu werden, indem das Stickstoffgas der Luft sich in den Porenräumen der Ackerkrume mit dem durch die Zersetzung der Pflanzen- und Thiersubstanzen freiwerdenden Wasserstoff verbindet und so zur andauernden Quelle von Ammoniak wird. Dieses verbindet sich dann höchst wahrscheinlich mit den im Boden sich ebenfalls fortwährend bildenden organischen Säuren Quellsäure, Huminsäure u. s. w. und geht so in die Pflanzen über. (Man vergl. *Mulder* Versuch einer physiol. Chem. übers. von *Moleschott* Bd. I. S. 158 ff.)

*) Organische Chemie S. 88. ff. und Annal. Bd. 46. S. 58 ff.

Zweites Capitel.

Von den organischen Bestandtheilen.

Erster Abschnitt.

Von den assimilirten Stoffen im engeren Sinne.

§. 8.

Die vier Elemente*) Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff treten noch zu vielen sogenannten organischen oder vegetabilischen Bestandtheilen zusammen, die aber offenbar für das Leben der Pflanze in seiner einfachsten Form einen sehr verschiedenen Werth haben. Zunächst finden wir eine Reihe von Stoffen, die für die Entstehung und Ausbildung der einzelnen Zelle unerlässlich nöthig erscheinen, diese nenne ich insbesondere assimilirte Stoffe.

§. 9.

Einige von diesen sind die Stoffe, aus denen die Zellenmembran selbst besteht, oder die der Bildung derselben nothwendig vorhergehen und nur C H O enthalten. Ich nenne hier 1) den Zellstoff; 2) das Amyloid; 3) die Pflanzengallerte; 4) Stärkemehl; 5) Gummi; 6) Zukker; 7) Inulin; 8) fette Oele.

1) Der Zellstoff (vegetabilischer Faserstoff, Holzfaser, *Cellulose* und *Sclerogen* der franz. Chemiker) ist vollkommen ausgebildet, ziemlich zähe, biegsam und elastisch, völlig wasserhell und durchsichtig; völlig unauflöslich in allen bekannten Lösungsmitteln. Mit concentrirter Aetzkalilauge abgedampft oder mit concentrirter Schwefelsäure behandelt, geht er in Stärkemehl über **). Wie alle organischen Substanzen dehnt er sich

*) Vier Elemente
Innig gesellt
Bilden das Leben
Bauen die Welt.

Der Genius des Dichters hat hier offenbar der erst später sich entwickelnden Chemie vorgegriffen.

**) *Poggendorff's* Annalen Bd. 43 (1838) S. 391. *Schleiden,* Beitr. z. Botanik Bd. I. S. 160.

in der Feuchtigkeit aus und zieht sich beim Trocknen zusammen *). Er ist für alle Flüssigkeiten und wirklichen Auflösungen durchdringlich (permeabel), indem er die Flüssigkeiten von der einen Seite aufnimmt, in sich förmlich auflöst und unter Umständen auf der andern Seite wieder ausscheidet. Im möglichst reinen Zustande analysirt ergeben sich die Formeln:

	C.	H.	O.
Weiden- und Buchsbaumholz nach *Prout*	12.	16.	8.
oder	12.	22.	11.
Verschiedene Zellenmembranen nach *Payen* (*Ann. d. sciences nat.* 1839)	12.	20.	10.

die nur durch den Wassergehalt sich unterscheiden.

Mir scheint es zweckmässiger, vorläufig bei der Formel stehen zu bleiben, die nach der Annahme von 12 C. berechnet ist. *Mulder* nimmt 24 C. 42 H., 21 O. an, als isomer mit dem löslichen Inulin. Von diesem hat aber *Crookewitt* nachgewiesen, dass es kein einfacher Stoff sey. Verbindungen des Zellstoffs mit andern Körpern sind noch nicht bekannt, es bleibt uns also bei dem leichten Uebergang des Zellstoffs in Zucker, Dextrin und Stärke nur die Hypothese der Isomerie mit diesen Stoffen übrig; jede andere Annahme erscheint zur Zeit noch rein willkürlich und erklärt ohnehin nichts, denn die Elementaranalysen variiren von C. 43,22 — 52,01, H. 5,9 — 6,91, O. 41,57 — 50,38 oder wenn man nur die möglichst gleichen Pflanzenzellen berücksichtigt, doch immer noch von C. 43,2 — 44,7, H. 6,0 — 6,5, O. 49,3 — 50,59 erlaubt also recht wohl die Berechnung unter der ersten Voraussetzung zu machen. Dagegen erscheint mir die ganze Lehre vom incrustirenden Stoff (*Payen*), selbst mit der scheinbaren Gründlichkeit *Mulder's* (Physiol. Chem. *Moleschott* S. 209 ff.) behandelt, eine so ganz und gar in die Luft gebaute Hypothese zu seyn, dass man vorläufig wenigstens davon absehen muss. Bei Anwendung der gewöhnlichen Reinigungsmittel verändert sich die Dicke der Zellenwandungen nicht, ausgenommen dass sie aufgelockert werden und aufquellen. Was die Reinigungsmittel aufnehmen sind Zelleninhalt und Stoffe, mit denen die Zellenwandung getränkt ist, die sich wohl je nach dem Alter der Zelle auf Farbstoffe, Gerbstoff und Humussäuren und humussaure Salze zurückführen lassen würden. Die Holzzellen sind im Verhältniss zu andern Zellen absterbende und dabei bilden sich aus dem Zellstoff stets mehr und mehr kohlenstoffreiche Bestandtheile, die in der Zellenwandung aufgelöst bleiben, diese entfernen wir durch die Reinigungsmittel. Die Verdickungsschichten der Zellen bestehen aber chemisch aus demselben oder einem isomeren Stoff wie die primäre Zelle, das zeigt ihr ganzes Verhalten und selbst *Payen's* Elementaranalyse der Spiralfiber aus *Musa Sapientum*. — Die Kenntniss der Verdickungsschichten ist aber eigentlich physiologisch wichtig, die Kenntniss

*) Was *Link, Elementa phil. bot. Ed. I. p.* 365 und *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 30 dagegen sagen, ist falsch. Vergl. *Wiegmann's* Arch. 1839. Bd. I. S. 274. *Schleiden* Beitr. z. Botanik Bd. I. S. 66.

der Stoffe, welche Splint in Kernholz verwandeln, fast nur technisch, indem hier das Leben fast ganz erloschen ist.

Der Stoff kommt in vielen Modificationen vor. Schon im reinen Zustande scheint er nach dem verschiedenen Wassergehalt chemisch verschieden zu seyn, abgesehen davon variirt er bedeutend in seinen physikalischen Eigenschaften nach Sprödigkeit, Zähigkeit, Dichte, und insbesondere in Hinsicht seiner Durchdringlichkeit für Wasser, die um so geringer zu seyn scheint, je mehr er sich in seiner Natur dem Amyloid und der Gallerte nähert, und es giebt in der That sehr viele Mittelstufen zwischen diesen drei Stoffen *).

Im unreinen Zustande, wie er gewöhnlich in den Pflanzen vorkommt, variirt er aber noch mehr durch die beim Durchgehen in ihm abgelagerten Stoffe, oder vielleicht auch wegen der dadurch veranlassten Zersetzungen, besonders ist hier die Farbe sehr verschieden, die vom Farblosen durch Hellgelb bis ins dunkelste Braun (bei Farrenkräutern) übergeht und gelegentlich auch alle möglichen andern Farben zeigt, z. B. in der Saamenepidermis der verschiedenen Leguminosen, goldgelb an den Blättern von *Phormium tenax* u. s. w.

2) Das Amyloid **) ist trocken knorpelig, feucht gallertartig, wasserhell, durchsichtig, nur in kochendem Wasser und stärkeren Säuren sowie in Aetzkali, nicht in Aether und Alkohol auflöslich, in concentrirtem Zustande durch Iod blau gefärbt, welche Verbindung sich mit goldgelber Farbe in Wasser auflöst. Bildet vielleicht nur die Verdickungsschichten der primären Zellenmembran und ist in dieser selbst nur aufgelöst. Eine chemische Analyse ist nicht vorhanden. Ist bis jetzt nur in den Kotyledonenzellen von *Scholia latifolia, speciosa, Hymenaea Courbaril, Mucuna urens* und *gigantea* und *Tamarindus indica* gefunden. Vielleicht gehören hierher viele von den durch *Hugo Mohl* a. a. O. mitgetheilten Beobachtungen.

3) Pflanzengallerte (vegetabilischer Schleim der Chemiker zum Theil, Bassorin, Salep, *Lichen carragheen*, Gelin). Dieser Stoff ist trokken hornartig, oder knorpelig, feucht quillt er gallertartig auf und vertheilt sich allmälig völlig in kaltem, süssem Wasser; rein ist er wasserhell, wird von kaltem und heissem Wasser aufgelöst (oder blos darin vertheilt?), eben so von Aetzkali (vielleicht in eine Säure verwandelt?); gegen Alkohol und Aether, fette und ätherische Oele undurchdringlich; wird von Iod gar nicht gefärbt. Er geht auf der einen Seite durch verschiedene Mittelstufen in den Membranenstoff (durch die Zellenwand der Fucoideen) und in Amyloid (durch einige Arten des *Albumen corneum*), auf der andern Seite in Amylum (durch die Gallerte der Orchisknollen und vielfach in Gummi und Dextrin über. Von den oben genannten Stoffen ist, so viel

*) Vergleiche *Hugo Mohl,* Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellenmembran durch Iod. Flora 1840.

*) Vergl. *Poggendorff's* Annalen 1839.

ich weiss, keiner im reinen Zustande analysirt und auf *Aequivalente* zurückgeführt.

Pflanzengallerte bildet die Zellenwände der meisten Fucoideen, des Albumens, der Caesalpinieen, und zum Theil des sogenannten *Albumen corneum*. Sie erscheint ausserdem als Zelleninhalt wie das Gummi; besonders findet sie sich in den Knollen der einheimischen Orchideen und in den Cacteen, einzelne grosse Zellen ganz ausfüllend, und zeigt dann bei den ersten oft auf der Oberfläche ein granulirtes Ansehen, in den Cacteen ist sie dagegen mit wurmförmig gewundenen Linien gezeichnet; ferner erscheint sie als Secretionsstoff in den Gummibehältern, besonders beim Traganth, auch scheint ein Theil der Intercellularsubstanz hierher zu gehören.

Eben so wie man in der Zoochemie zwischen leimgebenden Substanzen und Leim unterscheidet, trennt *Kützing* (*Phycologia generalis* S. 32.) Gelin von der Pflanzengallerte, in welche Ersteres beim Kochen übergehen soll. Bei längerem Kochen soll dann die Pflanzengallerte in Schleim (*Aut.*) übergeführt werden. Alle drei Stoffe scheinen mir nur verschiedene Hydratzustände desselben Grundstoffs zu seyn. *Kützing's* hornartiges Gelin (angeblich stickstoffhaltig) und sein Gelacin (durch Salzsäure spangrün gefärbt) scheint nur durch fremde Stoffe verunreinigtes Gelin zu seyn, wenigstens ist der Versuch, aus dem Ammoniakgehalt der Verbrennungsproducte einer ganzen Pflanze den Stickstoffgehalt eines bestimmten nähern Bestandtheiles zu erweisen, nach dem heutigen Zustande der Chemie doch zu roh, um auch nur den allergeringsten Werth zu haben.

Ob Pectin und Pectinsäure hierher gehören, scheint nach *Mulder's* Analyse und Formel *) zweifelhaft. — Er fand C. 12, H. 16, O. 10. — Sie sind wahrscheinlich näher mit Apfelsäure verwandt und bilden vielleicht eine Uebergangsstufe von den Pflanzensäuren zu den indifferenten Stoffen. Die von *Mulder* mitgetheilten Analysen von *Lichen carragheen*, Quittenschleim, Althaeenschleim und Traganthgummi variiren zu sehr, um sich auf eine gemeinschaftliche Formel zurückführen zu lassen. Es ist aber auch nicht abzusehen, wie die Trennung der verschiednen innig gemengten Stoffe namentlich bei *Lichen carragheen* und Traganth zu bewerkstelligen sey, um eine einzelne Substanz für eine Analyse rein zu gewinnen. Dass Pectin zu den die Zellenwandungen verdickenden wesentlichen Stoffen gehört, ist eine Fiction, der keine einzige mikroskopische Beobachtung der unreifen und reifen Früchte, der pectinhaltigen Wurzeln u. s. w. das Wort redet.

4) Stärkemehl (*Amylum*, *Amidon*, Flechtenstärke). Trocken ist die Stärke ziemlich hart, zwischen den Fingern knirschend; feucht etwas gelatinös, aus der Auflösung angetrocknet, anfänglich eine zitternde Gallerte, zuletzt fast glasartig spröde, rein stets wasserhell (auch in den Flechten), völlig rein und frisch aus der Pflanze allmälig im Wasser sich auflösend (oder nur vertheilend? denn die sogenannte Auflösung dringt durch keine Zellenmembran), in der Pflanze gewöhnlich durch von aussen eingedrungenes Wachs, Eiweiss, Schleim oder dergleichen gegen diese Auflösung ge-

*) *Poggendorff's* Annalen Bd. 44 (1838), S. 432.

schützt. Ist leicht auflöslich (vertheilbar) in kochendem Wasser, Säuren und Alkalien, unlöslich in Alkohol, Aether, ätherischen und fetten Oelen; wird von Iodine blau gefärbt*) selbst in der diluirtesten Auflösung. Es scheint durch Mittelstufen, z. B. das Flechtenstärkemehl in Amyloid, durch den von *Henry* in der Macis entdeckten Stoff in Membranenstoff, in Pflanzengallerte, vielleicht auch in Gummi überzugehen. Ueber die chemische Zusammensetzung ist bei den ausgezeichnetsten Chemikern *Berzelius*, *Liebig* u. A. kein Zweifel mehr, nämlich:

C.	H.	O.
12.	20.	10.

Es bildet die Zellenwand in den Sporenschläuchen der Flechten, und bei einigen, z. B. *Cetraria islandica*, auch in der Rindenschicht des Thallus. Ausserdem kommt es als Zelleninhalt vor.

Ich gebe hier die folgende genauere Darstellung nach eignen Untersuchungen.

A. Die Natur der Kartoffelstärke.

Die gewöhnliche käufliche Kartoffelstärke bildet ein ziemlich gröbliches, glänzend weisses Pulver untermischt mit grösseren Stücken. — Zwischen den Fingern lässt es sich feiner zerreiben, fühlt sich dabei ziemlich hart an und knirscht auch etwas zwischen den Zähnen. Angefeuchtet ballt es sich in grösseren Massen und bleibt getrocknet zusammen ohne zu zerfallen. Wenn dagegen diese Stärke durch längeres Extrahiren mit kaltem Wasser, mit Alkohol und Aether völlig gereinigt ist, stellt sie ein äusserst feines glänzendes Pulver dar, welches angefeuchtet und getrocknet nicht mehr zusammenhängt. Es gehört ziemlich lange Zeit dazu, bis man die Stärke vollständig gereinigt hat und die Reinigungsmittel zeigen noch lange Spuren von eiweissartigen Stoffen und von Fetten. Die so verschiedenen Ansichten über die chemischen Verhältnisse des Stärkemehls scheinen mir besonders darin ihren Grund zu haben, dass man niemals mit ganz reinem, und stets mit verschiedenartig verunreinigtem Material experimentirt hat. So kamen *Payen* und *Persoz* erst bei ihrer letzten Arbeit über das Stärkemehl auf den Gedanken, dasselbe vorher vollständig zu reinigen und nun fiel auch das Resultat ihrer Untersuchungen ganz anders und zwar dahin aus, dass das Stärkemehl ein völlig homogener Pflanzenstoff sey.

Unter dem Mikroskope bei 100maliger Vergrösserung erkennt man die einzelnen Stärkekörnchen als kleine feste, immer eiförmige Körperchen. Abweichungen von dieser Form sind verhältnissmässig sehr selten. — Am schönsten und deutlichsten bei der frisch aus der Kartoffel gewonnenen Stärke erkennt man an dem spitzeren Ende einen kleinen schwarzen Punkt, *Fritsche's* Kern. Sehr selten und nur bei sehr viel stärkerer Vergrösserung zeigt er sich bei der Kartoffel als ein Fleckchen mit so dünner Substanz

*) Iodstärke ist durchaus nicht auflöslicher im Wasser als gewöhnliche Stärke, aber unlöslich in Säuren.

erfüllt, dass man ihn als ein Loch oder vielmehr als eine kleine Höhle in der dichteren Masse ansehen kann. Viel deutlicher zeigt sich dies aber bei der Stärke aus den Zwiebeln einiger Liliaceen, und wird durch die Vergleichung mit anderen Stärkearten zur völligen Gewissheit. Um diesen sogenannten Kern herum ziehen sich bald blässer, bald schwärzer, bald näher, bald ferner eine Anzahl von Linien, die anfänglich kreisförmig um den Kern gehen, weiterhin aber sich mehr und mehr dem eiförmigen nähern, weil sie ellipsenähnlich den Kern als Brennpunkt einschliessen. Die zwischen zwei solchen Linien eingeschlossene Substanz zeigt sich bald heller, bald dunkler, oft an einzelnen Stellen mit auffallender Helligkeit und ein geübter mikroskopischer Beobachter erkennt bald, dass er Lagen von verschiedener Dichtigkeit vor sich hat und dass im Allgemeinen die äusseren dichter sind als die inneren, die an der frischen Stärke oft fast gelatinös erscheinen. Die dunkeln Linien schneiden bei keinem Körnchen die Linie des äussern Umrisses und wenn sie an dem spitzen Ende auch noch so dicht neben einander liegen, so ist doch jede Linie vollständig in sich zurücklaufend. Lässt man ein einzelnes Korn mit recht schwarzen Linien unter dem Mikroskop sich umdrehen *), so sieht man, dass die Linien von allen Seiten betrachtet gleich bleiben und stets in derselben Weise um den Kern laufen. Daraus folgt dann, dass es nicht etwa Zeichnungen an der Oberfläche seyn können, sondern dass es die Berührungsflächen vieler um einander gelagerter hohler, eiförmiger Schalen sind, aus denen das ganze Korn zusammengesetzt ist.

Zuweilen gelingt es, wenn man aus einer recht stärkereichen Kartoffel mit recht scharfem Rasirmesser einen feinen Schnitt macht, dass man einige Stärkekörnchen scharf durchschnitten unter dem Mikroskop erblickt, und hierbei überzeugt man sich vollkommen, dass die Sache sich so, wie angegeben, verhält und insbesondere, dass die Schichten nach Innen im Allgemeinen wasserreicher, gelatinöser, nach Aussen wasserärmer und derber sind.

Völlig ausgetrocknete Körner zeigen eine geringere Zahl von Linien, diese aber häufig stärker und oft kann man deutlich erkennen, dass eine solche recht breite schwarze Linie einer kleinen Luftschicht entspricht. — Lässt man Stärke längere Zeit in Gummiwasser liegen, so verschwinden die Linien allmälig mehr und mehr, trocknet man sie dann mit dem Gummi ein, bis sie eine ganz zähe, mit dem Messer schneidbare Masse bilden, so kann man leicht durch kleine Spänchen, die man abschneidet, eine grosse Menge Durchschnitte und selbst kleine aus einem einzelnen Korn herausgeschnittene Scheiben erhalten. An diesen letzteren erkennt man dann eine ziemlich homogene Substanz, die in der Mitte ein ziemlich unregelmässiges Loch hat, welches natürlich durch das Austrocknen der inneren wasserreicheren Schichten entstanden ist.

*) Was man durch Zusatz von einem Wassertröpfchen, wodurch ein kleiner Strom entsteht, leicht bewirken kann.

Behandelt man die Stärke unter dem Mikroskop mit Schwefelsäure, so treten sehr verschiedene Erscheinungen ein, je nachdem die Säure stärker oder schwächer, die Einwirkung rascher oder langsamer ist. Bei raschem Zutritt starker Säure wird das Korn gleich an dem Punkte, wo es von der Säure berührt wird, angegriffen, bläht sich wolkenartig auf und löst sich allmälig auf und dieses schreitet ruhig bis ans andere Ende des Korns fort. Oft sieht man Körner, die an einem Ende schon völlig verflüssigt, am andern Ende noch ganz scharf gezeichnet sind und selbst Kern und Schichten noch zeigen. Dabei wird die ganze Masse des Korns durchaus gleichförmig angegriffen und es findet nicht etwa ein Aufreissen der äusseren Schichten und ein Hervorquellen des flüssigen Inhaltes statt. Bei langsamerer Einwirkung der Säure zeigen sich zwei verschiedene Formen der Auflösung gleich häufig, die wahrscheinlich von dem verschiedenen Concentrationsgrade der Säure abhängig sind. Bei verdünnterer Säure wird das Korn allmälig durchsichtig, gelatinös, quillt auf, aber in der eigenen Weise, dass es an der einen Seite anfänglich einen Eindruck zeigt und nach und nach (an der eingedrückten Stelle weniger aufquellend als aussen) völlige Becherform annimmt, und endlich von den Rändern aus allmälig aufgelöst wird. Die andere Form der langsamen Einwirkung der wahrscheinlich noch sehr concentrirten Säure besteht darin, dass zuerst der sogenannte Kern in ein deutlich erkennbares Luftbläschen übergeht, dieses dehnt sich aus, es entstehen von ihm ausgehend ein oder zwei zackige Risse im Innern des Kornes, dabei schwillt allmälig das Korn an, wird gelatinös, die Linien verschwinden, so weit der Riss sie berührt, und endlich wird das ganze Korn unsichtbar (aufgelöst). — Die nächste Wirkung der Schwefelsäure scheint hier zu seyn, dass den innern Schichten Wasser entzogen wird. Dafür scheint denn auch die Einwirkung der trocknen Hitze zu sprechen.

Wenn man etwas Kartoffelstärke auf einem kleinen Blech so weit erhitzt, dass nur ein kleiner Theil unmittelbar am Blech eine gelbliche Farbe angenommen hat, so findet man unterm Mikroskop leicht alle möglichen Uebergangsstufen der allmäligen Veränderung, die hier höchst merkwürdig ist und über die Structur des Stärkekorns die besten Aufklärungen giebt. Die erste Wirkung ist auch hier natürlich ein Austrocknen, wodurch der sogenannte Kern in ein Luftbläschen verwandelt wird, welches sich so charakteristisch zeigt, dass man daran jedesmal die Anwendung trockner Wärme erkennen kann, z. B. bei der *Mandiocca farinha*, beim Sago u. s. w. — Gleichzeitig trennen sich ebenfalls in Folge des Austrocknens die einzelnen Schichten von einander, die Trennungslinien werden schärfer, schwärzer, breiter und selbst als breitere oder schmälere Luftschichten deutlich erkennbar; an einzelnen Stellen hängen die Schichten fester, an andern weniger an einander und hier bilden sich dann grössere lufterfüllte Räume. Nach und nach blättern sich die einzelnen Schichten wie Zwiebelschalen von einander ab, indem an einzelnen Punkten eine förmliche Schmelzung (Umwandlung in Gummi) vor sich geht.

Verfolgt man ferner die Einwirkung des allmälig bis zum Sieden erhitzten Wassers, so zeigt sich anfänglich eine Veränderung, die der zuletzt bei

der Schwefelsäure beschriebenen sehr ähnlich ist. Nur in den späteren Stadien ist die Erscheinung insofern verschieden, dass der Riss im Innern sich allmälig in eine grosse Höhle verwandelt und das ganz aufgequollene Korn dann aussieht, wie ein zusammengefallener sehr dickhäutiger Sack. Nach und nach werden dann die Umrisse undeutlicher, aber immer bleibt die aus einem Korn entstandene Kleistermasse zusammenhängend, und wenn man noch so dünn gekochten Kleister unterm Mikroskop mit Wasser vermischt betrachtet, so erkennt man durch Iod die einzelnen aufgequollenen Körner, während das zugefügte Wasser niemals eine blaue Färbung annimmt. Ich habe das Kochen nicht Tage lang fortsetzen können, glaube aber aus meinen Versuchen schliessen zu dürfen, dass Stärke zwar eine grosse Menge Wasser in sich aufnehmen und dadurch zu einem grossen Volumen anschwellen kann (obwohl auch das seine Grenze zu haben scheint), dass sie sich aber niemals weder in kaltem noch kochendem Wasser wirklich auflöst.

Endlich will ich hier noch der Behandlung der Stärke mit kaltem Wasser erwähnen. Wenn man Stärke etwa mit dem doppelten Volumen Wasser in einer Reibschale eine halbe Stunde lang zusammenreibt, so erhält man eine klebrige, fadenziehende, fast steife Salbe. Unter dem Mikroskop zeigt sich dann ein grosser Theil der Körner auf sehr mannigfache Weise zerquetscht, zerrissen und zerstückelt, zum Theil in kleine Flöckchen zerrieben, besonders die innern (wasserhaltigern) Schichten sind dabei herausgepresst, wie es scheint durch das Reiben mit noch mehr Wasser verbunden und stellen eine ganz feinflockige oder granulöse, aber zusammenhängende Masse dar, die dann durch Iod blau gefärbt wird, während alle eigentliche Flüssigkeit umher (das Wasser) völlig ungefärbt bleibt.

Alle diese Versuche wurden öfter mit verschiedner käuflicher (ungereinigter) Kartoffelstärke, aber immer auch alle bei einer und derselben Sorte angestellt und gaben dem Wesentlichen nach stets dieselben hier mitgetheilten Resultate. — Bei allen Versuchen wurde stets auch Iod angewendet und niemals zeigte sich auch nur die entfernteste Andeutung, dass im Stärkekorn irgend ein Theil vorkomme, der nicht von Iod ganz auf dieselbe Weise gefärbt wurde. Niemals zeigte sich die geringste Erscheinung bei diesen Versuchen, bei deren Erklärung etwas Anderes hätte zu Hülfe gerufen werden müssen als die so leicht zu constatirende Thatsache, dass die Schichten des Stärkekorns, je weiter nach Innen, auch desto wasserhaltiger sind, und etwa die unwesentlichen von anhängenden oder eingedrungenen Spuren Eiweiss, Fett oder Wachs herrührenden, höchst geringen Verschiedenheiten der äussern Schichten, die nur darin bestanden, dass sie, bald mehrere bald wenigere, etwas später von den Auflösungsmitteln angegriffen wurden. Zur Controlirung dieser letzten Thatsache wurden übrigens stets dieselben Versuche mit völlig gereinigter Stärke angestellt.

Aus diesen Mittheilungen ist aber nun auch leicht ersichtlich, dass ohne gleichzeitige Anwendung des Mikroskops und der chemischen Reactionen an eine wirklich gründliche Erkenntniss des Stärkemehls gar nicht zu denken ist.

In der auswachsenden Kartoffel wird die Stärke allmälig aufgelöst, so dass oft nach drei Monaten bei scheinbarer völliger Integrität der Kartoffel fast keine Spur von Stärke mehr in derselben zu finden ist. Diese Auflösung ist aber von allen Auflösungen, die wir im Stande sind herbeizuführen, aufs allerwesentlichste verschieden. Das einzelne Stärkekorn behält dabei bis zum letzten Augenblick seine Festigkeit und wird nur allmälig von Aussen nach Innen angegriffen und zwar so, dass die Enden des Längsdurchmessers am meisten Widerstand leisten und daher das Körnchen nach und nach einem (wegen des Hervortretens der Reste der Schichten) knotigen Stäbchen gleicht. Aehnliches geht beim Keimen der Cerealien vor und die ohnehin nur bei einer Temperatur von 70° C.*) vor sich gehende Auflösung der Stärke durch Diastase, die ganz der Form nach der Auflösung durch Schwefelsäure entspricht, ist mit unbegreiflicher Leichtfertigkeit und Oberflächlichkeit von den Chemikern auf den Vorgang in der lebenden Pflanze übertragen worden.

B. Ueber das Vorkommen der Stärke und ihre verschiedenen Formen in der Pflanzenwelt.

Ueber die Verschiedenheiten des Stärkemehls in den verschiedenen Pflanzen haben wir bis jetzt eigentlich nur eine einzige nennenswerthe Abhandlung von *Fritsche* (*Poggend. Ann.* Bd. XXXII.), welche mit einigen unbedeutenden Zusätzen von *Meyen* in seiner Pflanzenphysiologie benutzt worden ist. Im Uebrigen scheint die Abhandlung ziemlich unbeachtet geblieben zu seyn, denn wenn man in den neuesten Werken noch so hingeworfen liest: „das Stärkemehl erscheint in Form kleiner kugelförmiger Körper“ (*Endlicher* und *Unger*, Grundzüge der Botanik), so sieht man, dass die Verfasser weder selbst beobachtet, noch das Geringste darüber gelesen haben. Die Formen des Stärkemehls sind ganz ausserordentlich verschieden und oft, wie schon *Fritsche* bemerkte, so charakteristisch, dass man leicht nach der Stärke die Pflanze, wenigstens dem Geschlecht und der Familie nach, bestimmen kann. Ich gebe in Folgendem die tabellarische Uebersicht der mir bekannt gewordenen Formen.

I. Formlose Stärke.

Bis jetzt fand ich nur in zwei phanerogamen Pflanzen formlose Stärke (als Kleister) in den Zellen, nämlich im Samen von *Cardamomum minus* und in der Rinde der Jamaica-Sassaparille. Jedoch ist bei der letztern Pflanze wohl möglich, dass die Art des Trocknens am Feuer die bei der Sassaparille überhaupt häufig vorkommende Stärke so eigenthümlich verändert habe. Am meisten findet der Kleister sich in den so abweichend gefärbten rothen Wurzeln, seltner in den gelben, welche beide aber bis jetzt nicht im Handel als Unterarten der *Sassaparille de Jamaica* unterschieden werden.

*) Eine Temperatur, die jede Keimpflanze tödten würde.

II. Einfache Körner.

Der grösste Theil der Pflanzen zeigt ganz einfache (einzelne) Körner, zwischen denen nur selten einzelne Zwillinge und Drillinge als Ausnahmen auftreten. Man kann wieder folgende Gruppen unterscheiden:

I. Rundliche Körper.

A. Mit scheinbar ganz fehlender Centralhöhle (*Fritsche's* Kern).

1) Ganz kleine fast kuglige Körnchen fast überall in der Pflanzenwelt hin und wieder als Zelleninhalt z. B. in den Mohrrüben, im Cambium im Winter, in Blättern als Träger des Chlorophylls u. s. w.

2) Grössere unregelmässig knollige, oft stumpf vieleckige Körner, z. B. in den Zwiebelknospen von *Saxifraga granulata*, in den Scheinknollen von *Ficaria verna.*

B. Mit kleiner rundlicher Centralhöhle.

a) Mit deutlicher Schichtenbildung.

3) Sehr plumpe, rohe und oft wie verkrüppelte Körner, im Mark der Cycadeen. Einigermassen ähnlich sind die Stöckekörner in den schuppenförmigen unterirdischen Blättern von *Lathraea squamaria*. Die innern Schichten bilden ein eiförmiges Körnchen fast wie bei der Kartoffelstärke, die wenigen äussern dagegen sind so unregelmässig, gewöhnlich an einer oder zwei Seiten so übermässig verdickt, dass das ganze Korn eine plump dreikantige Gestalt annimmt.

4) Eiförmige Körner. In den Kartoffeln (6.).

5) Muschelförmige Körner. In den Zwiebeln der grössern Liliaceen, namentlich *Fritillaria Lilium* (7.), etc.

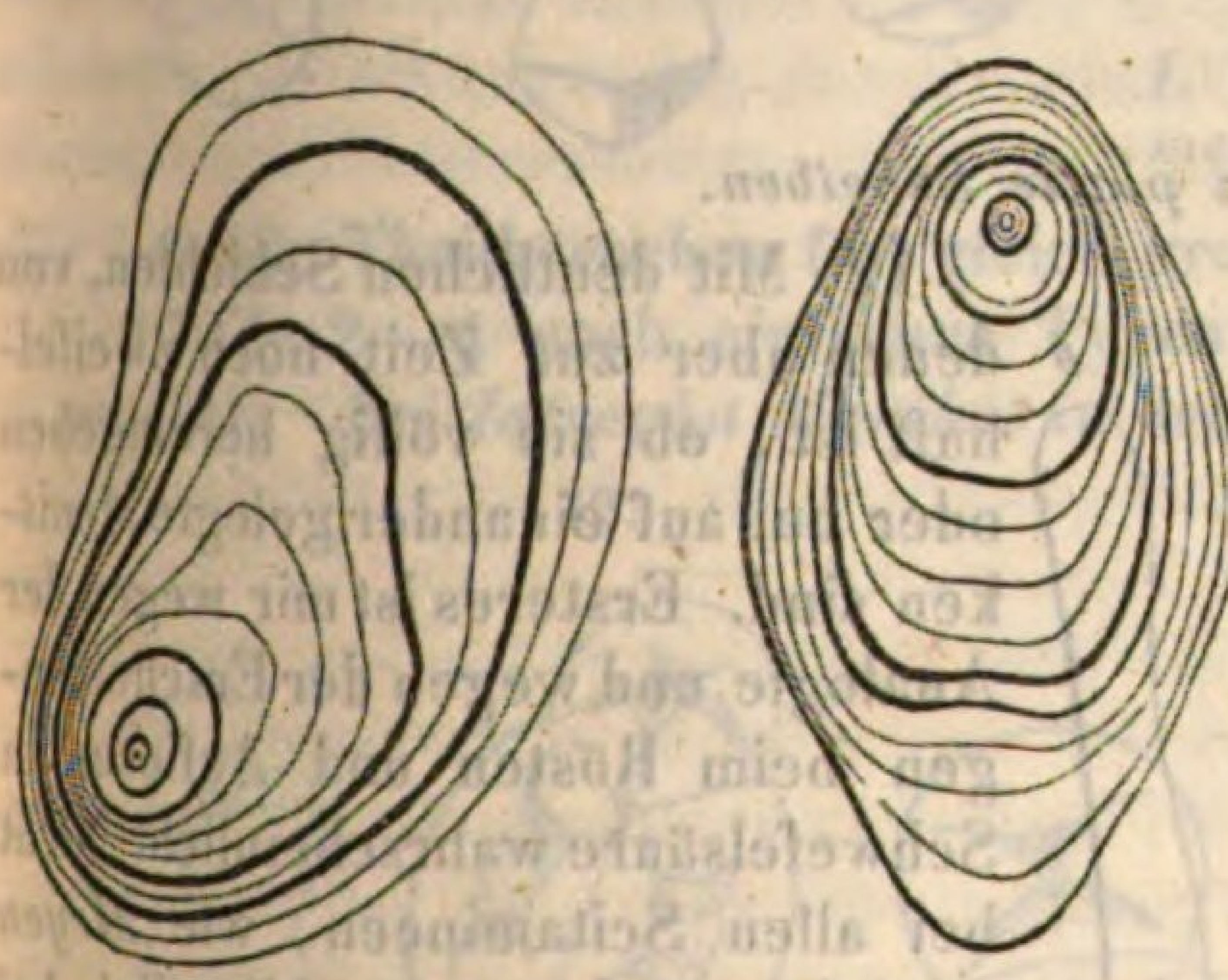
6) Fast dreieckig bei den Tulpen.

b) Mit undeutlicher oder fehlender Schichtenbildung.

7) Abgerundet-polyedrische Körner. Bei *Zea Mays*. Im Albumen.

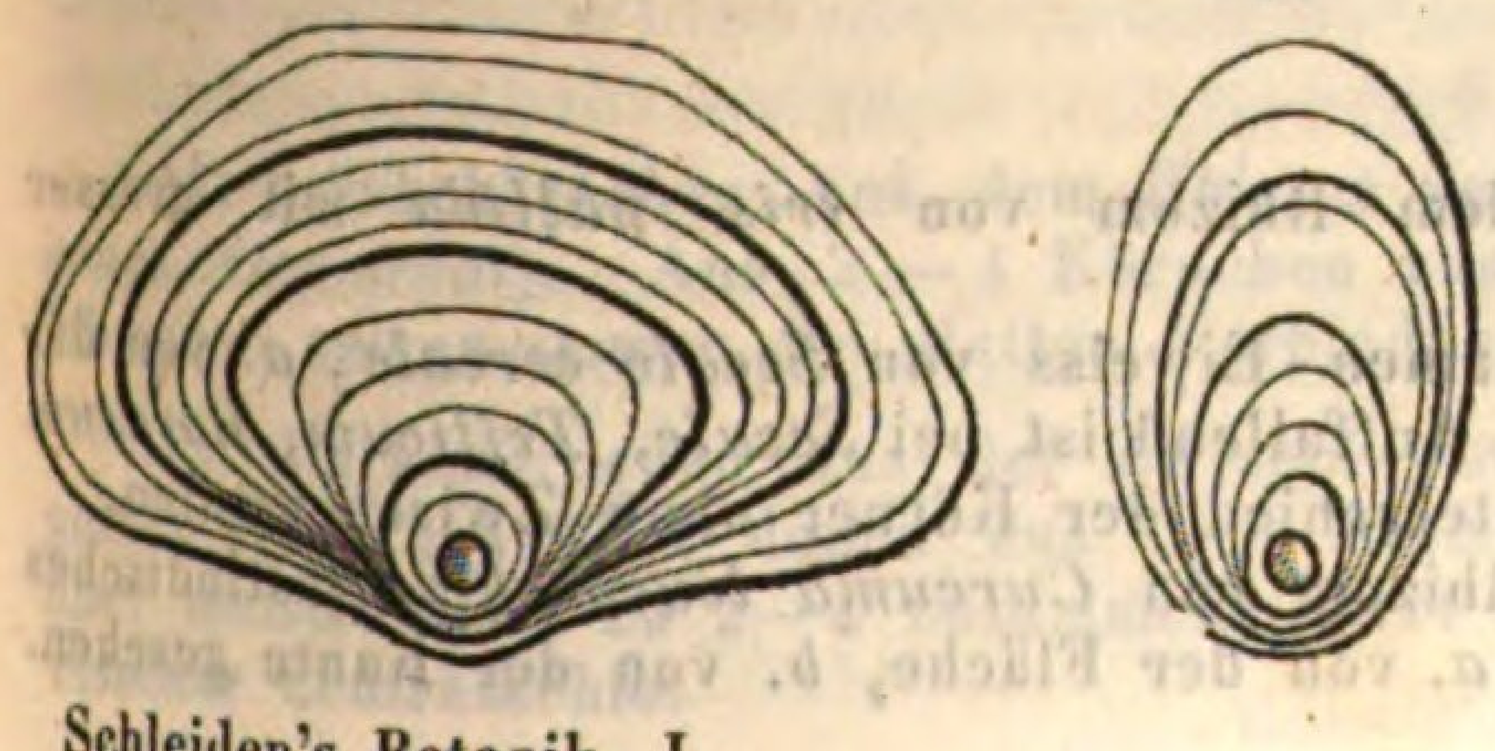
8) Scharfkantig-polyedrische sehr kleine Körner. Bei *Oryza sativa*. Im Albumen.

6.



7.

a b



6. Stärkemehlkörnchen aus der Kartoffel, die Schichten sind treu nach der Natur copirt.

7. Stärkemehlkörnchen aus der Zwiebel von *Lilium bulbiferum*. Die Schichten sind treu copirt *a.* von der Fläche, *b.* von der Seite gesehen.

C. Mit länglicher Centralhöhle.

9) Rundliche oder ovale Körner, im trocknen Zustande gewöhnlich in den innern Schichten einen sternförmigen Riss zeigend. Bei Leguminosen z. B. *Pisum, Phaseolus.* Im Saamen.

D. Ganz hohle, scheinbar becherförmige Körner.

8.



10) Sehr ausgezeichnet in dem Rhizom von *Iris florentina* und den verwandten Arten (8).

II. Flachgedrückte linsenförmige Körner.

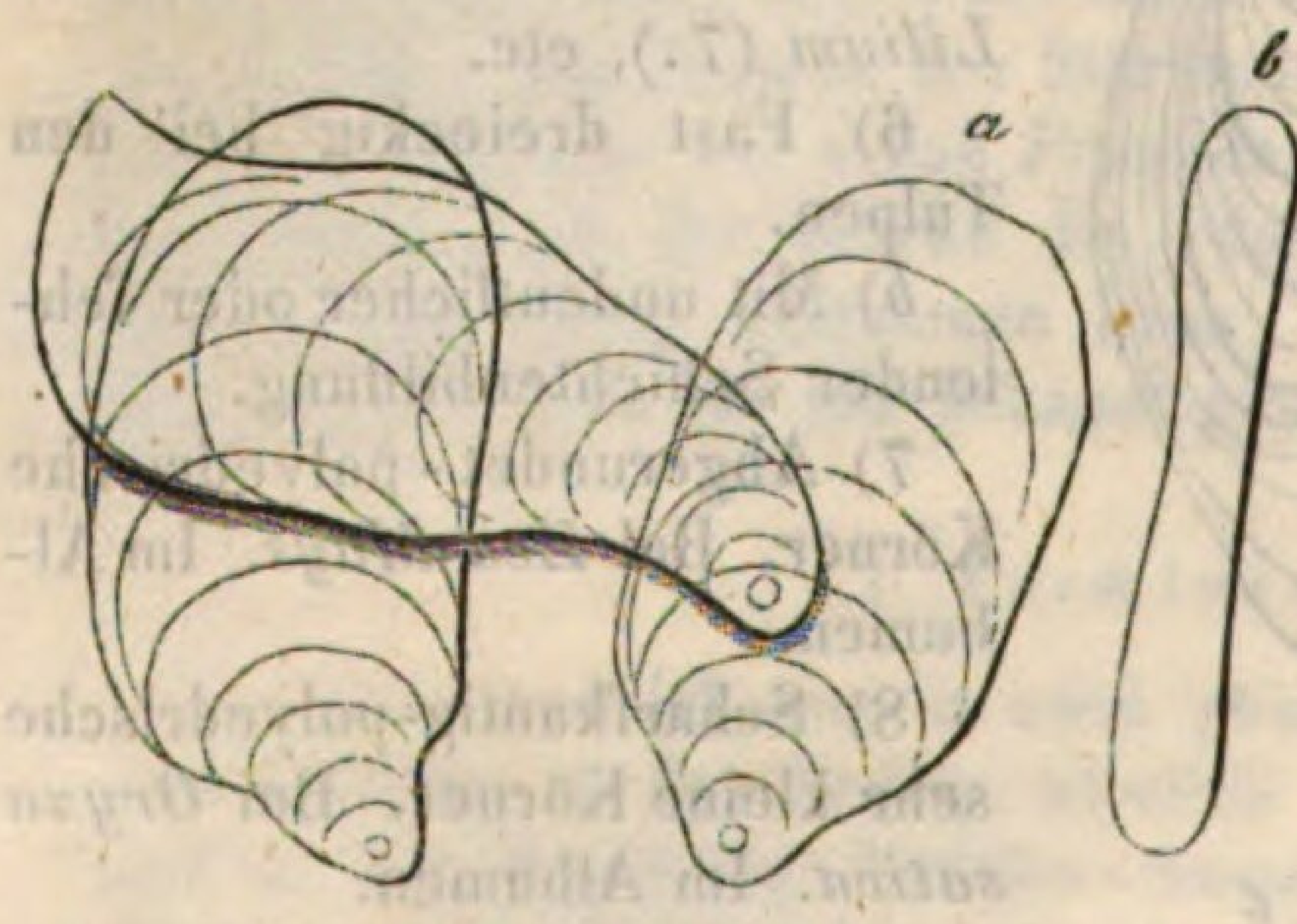
9.



11) Bald mit deutlicher bald ohne deutliche Schichtenbildung, bald mit centraler, bald excentrischer, bald kleiner rundlicher, bald länglicher, bald sternförmig aufgerissener Höhle. Bei *Triticum, Hordeum, Secale* (9). Im Albumen.

III. Ganz platte Scheiben.

10.



12) Mit deutlichen Schichten, von denen aber zur Zeit noch zweifelhaft ist, ob sie völlig herumgehen oder nur auf einander gelegte Menisken sind. Ersteres ist mir wegen der Analogie und wegen der Erscheinungen beim Rösten und Auflösen in Schwefelsäure wahrscheinlich. Nicht bei allen Scitamineen, wie *Meyen* angiebt, sondern ausschliesslich bei den Zingiberaceen *Lindl.*, weder bei Cannaceen, noch bei Marantaceen (10). Im Rhizom.

8. Stärkemehlkörnchen aus dem Rhizom von *Iris pallida* mit grosser Centralhöhle.

9. Stärkekörnchen aus dem Saamen-Eiweiss von *Secale cereale*, *a.* von der Fläche, *b.* von der Kante gesehen. Auffallend ist bei *Secale, Triticum, Hordeum* u. s. w. der auffallende Grössenunterschied der Körner ohne Zwischenstufen.

10. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Curcuma leucorrhiza* (ostindisches Arrowroot). Sehr flache Scheiben, *a.* von der Fläche, *b.* von der Kante gesehen.

IV. Stabförmige Körperchen.

13) Mit länglicher Centralhöhle, im Milchsaft der einheimischen Euphorbien und einiger tropischen.

V. Völlig unregelmässige Körper.

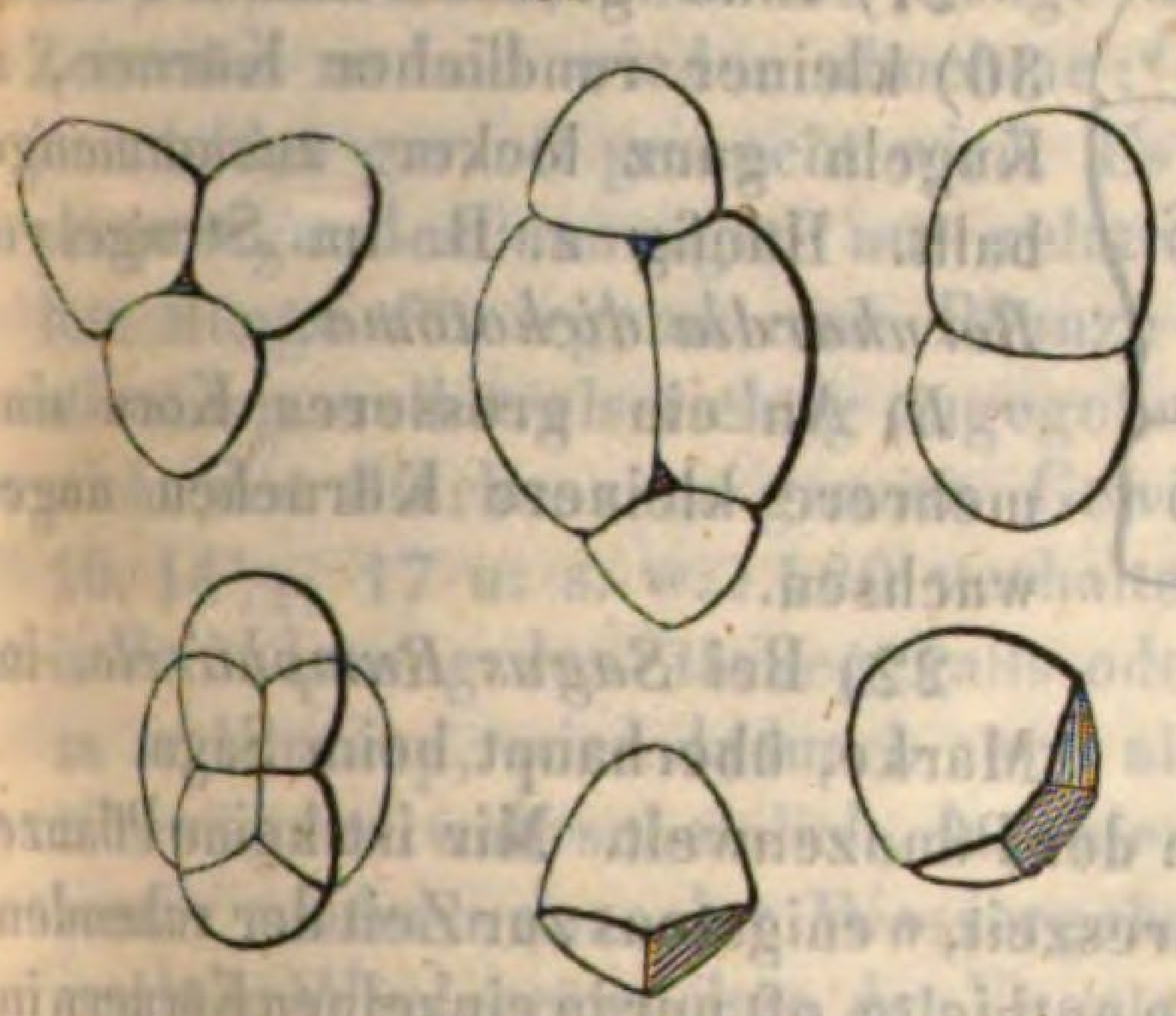
14) Im Milchsaft vieler tropischer Euphorbien.

III. Zusammengesetzte Körner.

Hierbei finden sich in der Pflanze oder dem Pflanzentheil nur ausnahmsweise einfache Körner.

I. Die einzelnen Körner in der Zusammensetzung ohne deutliche Centralhöhle.

11.



15) Zu 2, 3 oder 4 nach einfachsten Typen zusammengesetzt bei den Marantaceen im Rhizom (westindisches *Arrowroot* (11), *Aponogeton* in der Knolle, *Marattia* im verdickten Scheidentheil der Blätter, *Bryonia* in der Wurzel.

16) Zu 2—6 meist höchst regelmässig zusammengesetzt, selten unregelmässig. Bei sämmtlichen Sassaparillesorten in der Rinde der Wurzeln.

I. Die einzelnen Körner in der Zusammensetzung mit deutlicher Centralhöhle.

A) Alle Theilkörnchen fast gleich gross.

17) Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, Centralhöhle klein und rundlich. Bei *Iatropha Manihot* in den Knollen.

12.

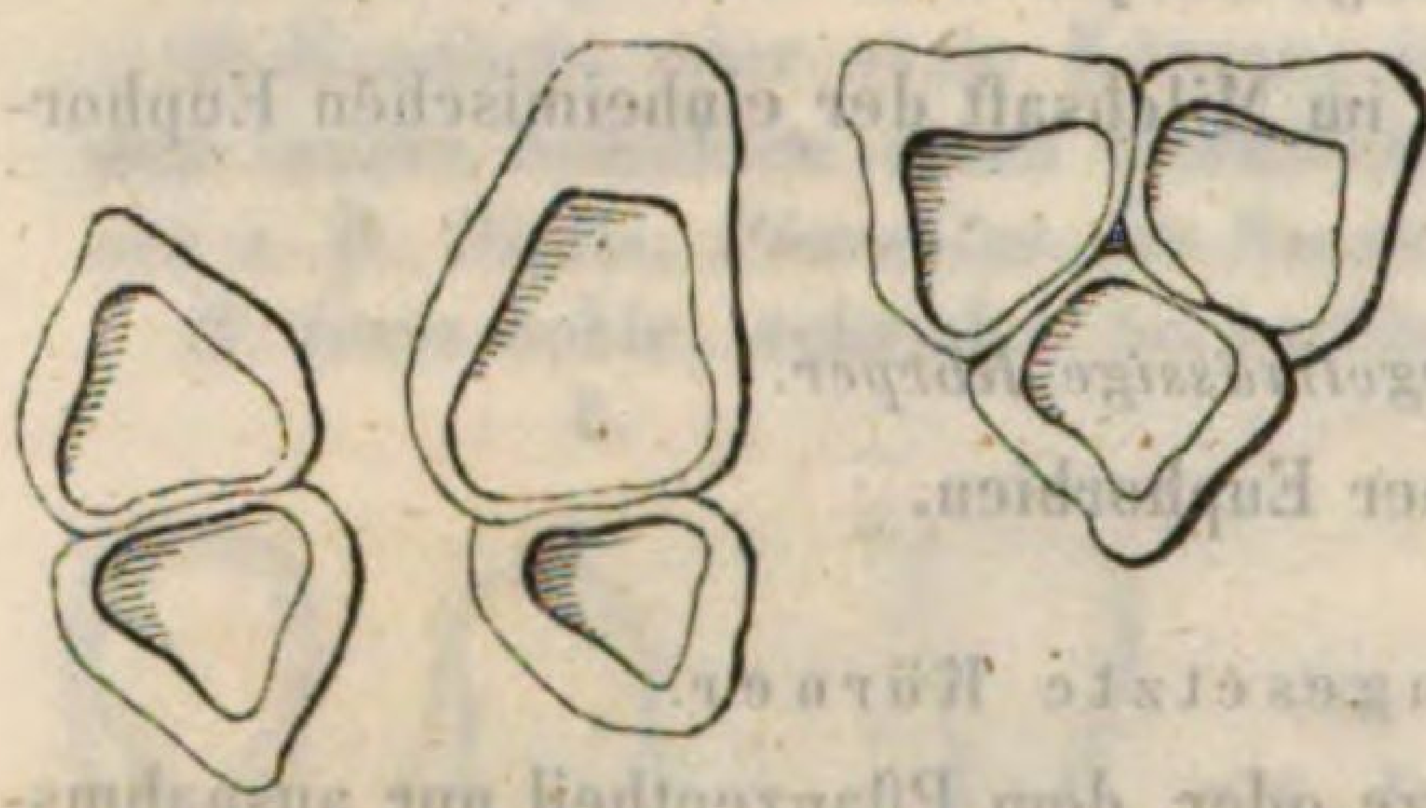


18) Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, Centralhöhle gross und äusserst zierlich, sternförmig aufgerissen. Bei *Colchicum autumnale* in der Zwiebel (12).

11. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Maranta arundinacea* (westindisches *Arrowroot*). Aus 2—4 Körnchen zusammengesetzt, die einzelnen Theilkörnchen zeigen immer die glatten Verbindungsflächen.

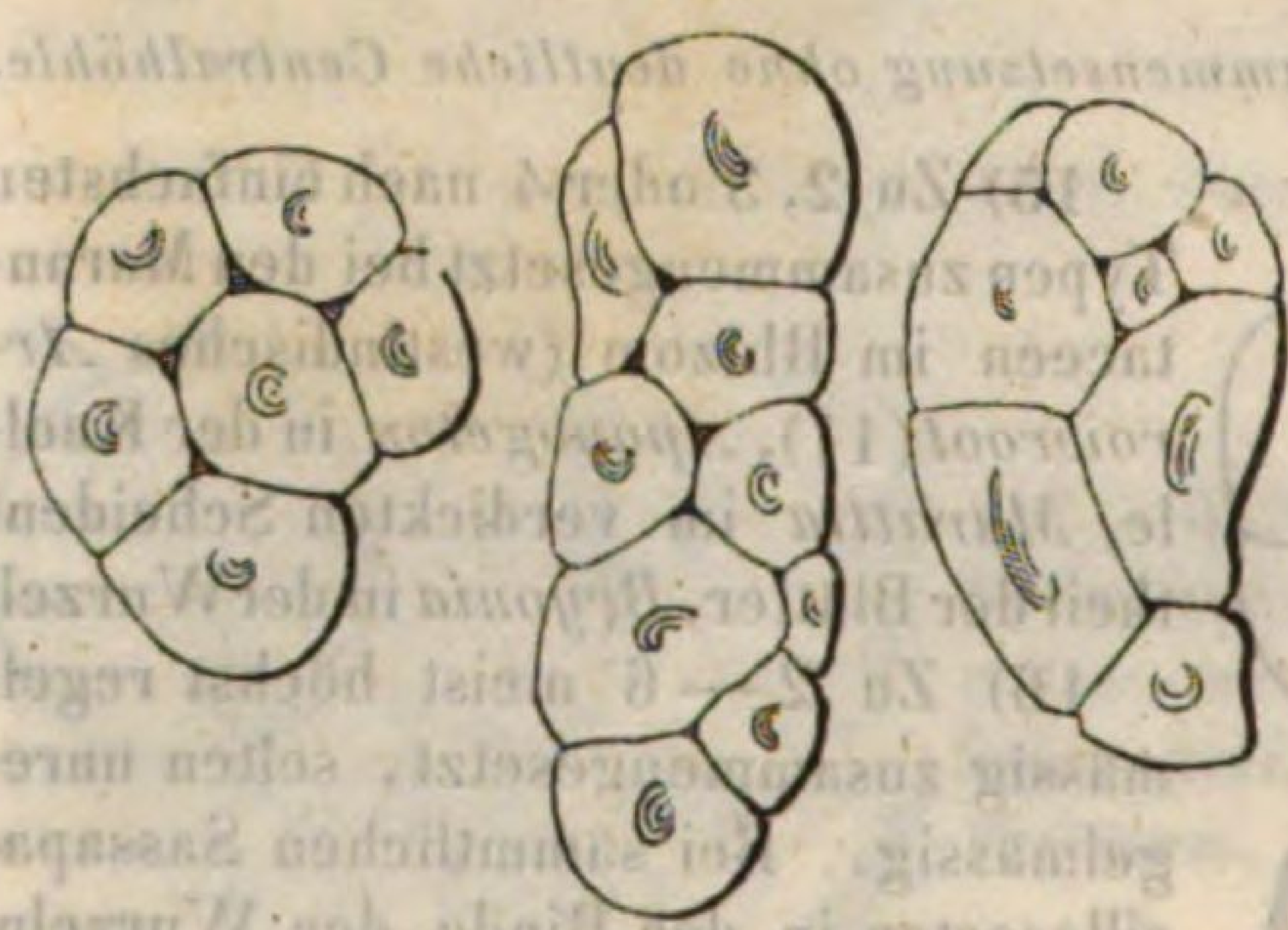
12. Stärkekörnchen aus der Zwiebel von *Colchicum autumnale.* Die einzelnen Körnchen sind denen aus den Saamen der Leguminosen ganz ähnlich, aber meistentheils zu 2—4 zusammengesetzt mit sehr zierlich sternförmig aufgerissener Centralhöhle.

13.



19) Zu 2—4 nach einfachen Typen vereinigt, die einzelnen **Körner** ganz hohl, scheinbar **becherförmig.** Ausgezeichnete Form in *Radix Iwarancusae* (*Anatherum Iwarancusae*) (13).

14.



20) Zu 2—12 in sehr unregelmässigen Gruppen fest vereinigt. Im Rhizom von *Arum maculatum* (14).

21) Eine grosse Anzahl (oft bis 30) kleiner rundlicher Körner, zu Kugeln ganz locker zusammengeballt. Häufig z. B. im Stengel von *Bernhardia dichotoma.*

B) An ein grösseres Korn sind mehrere kleinere Körnchen angewachsen.

22) Bei *Sagus Rumphii etc.* im Marke, überhaupt beim Sago.

Stärke ist der verbreitetste Stoff in der Pflanzenwelt. Mir ist keine Pflanze bekannt, die nicht zu irgend einer Jahreszeit, wenigstens zur Zeit der ruhenden Vegetation, mehr oder weniger Stärke enthielte, oft nur in einzelnen Körnern in den Zellen, oft die Zellen in Körnern von der verschiedensten Grösse ganz ausfüllend. Der Zellenwandung adhäriren die Stärkekörnchen höchstens zufällig durch den Schleim. Der Nabel (*hilus*), mit welchem die Stärkekörnchen an der Wand der Zelle befestigt seyn sollen, ist eine von den zahllosen leichtfertigen Charlatanerien *Turpin's* und rein aus der Luft gegriffen. Die grössten Körner scheinen nicht über 0,05 Linien im längsten Durchmesser zu haben. Meist lässt sich die Stärke durch Zerquetschen des Zellgewebes und Auswaschen aus den Pflanzen abscheiden, oft nicht, wenn sie zum Beispiel neben sehr vielem Schleim vorkommt, wie bei *Hedychium;* am reinsten scheint die Stärke aus *Maranta arundinacea* (*Arrowroot*) zu seyn. Man sagt gewiss nicht zu viel, wenn man behauptet, dass Stärkemehl für ⅔ aller Menschen die wichtigste und fast ausschliessliche Speise ist. Zwar ist es in allen Pflanzen enthalten, aber nicht immer so, dass es zur Nahrung genügend und geeignet ist, oft nicht von andern unangeneh-

13. Stärkekörnchen aus dem Rhizom von *Anatherum Iwarancusae* (*Radix Iwarancusae*). Die einzelnen Körnchen mit grossen Centralhöhlen, wie die der *Iris florentina*, aber zu 2—3 zusammengesetzt.

14. Stärkekörnchen aus dem unterirdischen Stamme von *Arum maculatum*, aus vielen Körnchen unregelmässig zusammengesetzt, jedes Theilkörnchen für sich mit undeutlich begrenzter Centralhöhle.

men Beimischungen zu trennen, z. B. in der Rosskastanie. Gewisse Theile der Pflanzen enthalten am meisten, namentlich das Albumen der Saamen (Cerealien), die Kotyledonen des Embryo (Leguminosen), das Mark des Stengels (Cycadeen und Palmen) *), die Zwiebeln (Liliaceen) **), die Knollen, Rhizome und Wurzeln aus sehr verschiedenen Familien ***). In geringerer Menge findet es sich in der Rinde und im Splint der Bäume zur Winterszeit, daher die Möglichkeit, in Polarländern Brot aus Baumrinde zu backen.

Einen Irrthum muss ich hier noch rügen, der leider gar zu oft in derselben Weise sich wiederholt und, wenn darauf fortgebaut wird, insbesondere die Physiologie verwirrt. *Decandolle* glaubte gezeigt zu haben, dass 100 Pfund Kartoffeln im August 10 Pfd. Stärke geben, im September $14\frac{1}{2}$, im October $14\frac{3}{4}$, im November 17, im April $13\frac{3}{4}$, im Mai wieder 10. Daraus schloss man, dass die Menge der Stärke in der Kartoffel in diesem Zeitraum zu und wieder abnehme; ein arger Fehlschluss, der in neuerer Zeit leider gar oft gemacht wird. Es ist aber leicht einzusehen, dass solche procentige Bestimmungen nur relative Mengen angeben, aber keine absolute Menge für irgend eine Pflanze oder Pflanzentheil. *Decandolle's* Bestimmung, selbst als richtig zugegeben, sagt nichts als dass sich das Gewicht der Stärke zum ganzen Gewicht der Kartoffel nach und nach wie 10, $14\frac{1}{2}$, 17 u. s. w. : 100 verhalte, ob aber dies veränderte Verhältniss in Veränderung des Stärkegehalts oder in der Verminderung anderer Stoffe zu suchen sey, wird dadurch auch nicht einmal angedeutet. Es ist vielmehr überwiegend wahrscheinlich, dass hierbei weder Stärke gebildet noch zerstört werde, sondern dass der Wassergehalt der Kartoffel durch Verdunstung ab- und beim Wiedererwachen der Vegetation durch Absorption wieder zunehme.

Geschichtliches. Das Stärkemehl war schon den Alten bekannt. (*Ἄμυλον διὰ τὸ χωρὶς μύλου κατασκευάζεσθαι Dioscor.*) *Leeuwenhoek* untersuchte es zuerst in den Pflanzen an Waizen und Bohnen. Später entdeckte *Stromeyer* die Eigenschaft der Stärke, durch Iod blau gefärbt zu werden.

Wenig Stoffe haben eine so umfangreiche Literatur aufzuweisen, wie das Stärkemehl, und wenige sind gleichwohl so ungenügend und unvollständig erkannt als dieses und zwar allein in Folge der Vernachlässigung oder der Oberflächlichkeit mikroskopischer Untersuchung. Einen sehr klaren und vollständigen Bericht von *Poggendorff* über die zahlreichen Arbeiten bis 1836 findet man in *Pogg. Annal. der Chem. u. Pharm.* Bd. 37. S. 114 ff. Das Resultat aller ist von *Poggendorff* kurz in die einleitenden merkwürdigen Worte zusammengefasst:

„Keine Substanz ist mehr untersucht und doch weniger gekannt als das Stärkemehl. Sie giebt einen augenscheinlichen Beweis, wie weitläuftig ein

*) Sago von *Cycas revoluta, Sagus Rumphii* u. *farinifera etc.*

**) *Lilium camschaticum* in Grönland u. s. w. als Nahrungsmittel.

***) Kartoffeln von *Solanum tuberosum*, Cassava von *Iatropha Manihot*, Taroo von *Arum esculentum etc.*

Gegenstand werden kann, wenn er in unrechte Hände geräth. Nach zehnjährigen Untersuchungen, in welchen die verschiedenartigsten Ansichten über die Natur des Stärkemehls aufgestellt und ihm alle Eigenthümlichkeit als näherer Pflanzenstoff abgesprochen wurde, sind wir so gut wie ganz auf den alten Standpunkt zurückgeführt, freilich in Nebendingen nicht ohne Erweiterung unserer Kenntnisse, aber in der Hauptsache ohne Bürgschaft, dass jetzt die Wahrheit ergründet sey."

Seit *Poggendorff* diese Worte schrieb, sind abermals acht Jahre vergangen. Zahllose Arbeiten sind von Chemikern und Pflanzenphysiologen aufs Neue über das Stärkemehl publicirt worden, und wenn wir das Allerneueste darüber in *Endlicher's* und *Unger's* Grundzügen der Botanik genauer prüfen, finden wir, dass die Arbeiten sämmtlicher 18 Jahre sogar grösstentheils für die allgemeinere Kenntniss dieses Stoffs verloren gewesen sind, indem sich die ganze Verworrenheit in der Literatur jener 18 Jahre vollkommen in den wenigen Zeilen jener Schriftsteller wiedergegeben findet, da sie offenbar nicht durch eigne gründliche Untersuchungen in den Stand gesetzt waren, jene umfangreiche Literatur mit Kritik und Urtheil zu benutzen. Auf die seltsamste Weise sind die *e diametro* entgegenstehenden Ansichten von *Fritsche* und *Raspail* in einander verschmolzen, so dass die Verwirrung über alle Beschreibung ist.

Zwei Ansichten über die Structur der Stärkemehlkörner stehen sich in der Geschichte schroff gegenüber und von ihrer Annahme oder Verwerfung werden zugleich wesentlich die chemischen Beurtheilungen dieses Körpers abhängen müssen. Die erste von *Leeuwenhoek* stammend, später von *Raspail* weiter ausgeführt, geht dahin, dass das einzelne Stärkemehlkörnchen aus einem derben Säckchen und einem halbflüssigen leicht löslichen Inhalte (Dextrin) bestehe und dass beide Theile chemisch verschieden seyen. Diese Ansicht gab den Anstoss zu den vielen weitläufigen Arbeiten der französischen Chemiker, die unter einander sich um Worte und Nebendinge streitend doch der Hauptsache nach darin übereinstimmten, dass Stärke kein näherer Pflanzenstoff und das Stärkekorn aus chemisch sehr verschiedenen Substanzen zusammengesetzt sey. Hierher gehören insbesondere die Arbeiten von *Guibourt,* die älteren von *Payen* und *Persoz* und die von *Guérin-Varry*. — Endlich nach zahlreichen Documenten über ihre Unfähigkeit zu vorurtheilsfreier und gründlicher Analyse organischer Stoffe kamen *Payen* und *Persoz* zu dem Schluss: „völlig von allen anhängenden Stoffen gereinigtes Stärkemehl ist doch ein einfacher, homogener, näherer Pflanzenstoff." *Raspail's* Ansicht wurde gänzlich aufgegeben, die Structurverhältnisse nicht weiter gründlich erörtert; so in Frankreich. In Deutschland wurde die Stärke zuerst von *Fritsche* *) genauer untersucht und zwar mit Beihülfe des hier ganz unerlässlichen Mikroskops. Seine Resultate bilden die zweite Ansicht über die Natur des Stärkemehls, man kann sie jener der französischen Chemiker als die der deutschen Pflanzenphysiologen gegenüberstellen. Hiernach ist die Stärke aus übereinanderge-

*) *Poggendorff's Ann.* Bd. 32. S. 129 (1834).

lagerten Schichten gebildet, die alle aus dem gleichen chemischen Stoffe bestehen. Die äussern Schichten sind durch Tränkung mit fremden Substanzen weniger leicht in Wasser auflöslich. Im Innern befindet sich ein äusserst kleiner Kern, welcher sich durch sein Verhalten bei Einwirkung von heissem Wasser, Säuren und Alkalien weder als Stärke, noch Gummi, noch als Zucker zeigt. Wesentlich bezieht sich dieses nur auf Kartoffelstärke, etwas anders rücksichtlich der Structur zeigen sich die Stärkekörner der Curcumawurzeln, welche längliche flache Scheiben, und der Cerealien, welche linsenförmige Körper darstellen. Dazu kam später die Beobachtung sehr abweichend unregelmässiger Formen im Milchsaft der Euphorbien (insbesondere durch *Meyen*). Hierbei ist der Hauptsache nach die Lehre stehen geblieben. An eine genauere Erforschung der Structurverhältnisse, an einen Versuch der Erklärung aller Erscheinungen, an sichere Bestimmung der chemischen Verhältnisse, endlich an eine umfassendere Vergleichung der Stärkemehlarten verschiedener Pflanzen ist bis jetzt noch nicht gedacht worden. — Dies Alles wird nun von *Endlicher* und *Unger* auf folgende ungeniessbare Weise resumirt.

„Die Amylumkörner bestehen aus einem mehr oder weniger festen (?) Kerne, um welchen nach und nach entstandene Schichten von festerer (!) Beschaffenheit excentrisch angelagert sind, die sich manchmal sogar abblättern lassen (?). Wird die äussere Hülle (?) der Amylumkörner zersprengt, so löst sich das Innere selbst in kaltem Wasser auf und zwar 0,413 des ganzen Korns. Die chemische Beschaffenheit des Kernes ist von jener der Schichten, welche ihn ganz oder zum Theil umkleiden, nicht wesentlich verschieden (!). Iod färbt beide Theile in gleicher Weise blau! concentrirte (?) Mineralsäuren lösen das Amylumkorn auf, kochendes Wasser bewirkt durch Aufsaugung nur eine Vergrösserung desselben, wobei jedoch häufig ein Riss in den äussern Schichten (!) erfolgt, durch welchen der weichere Kern (!) herausgepresst wird. Der vermeintliche besondere Stoff des Kernes, das sogenannte Dextrin, besteht aus Gummi und Zucker (!!!)“

Für speciellere historische Nachweisungen sind zu empfehlen: *Poggendorff's* Annalen Bd. 37 (1836) S. 123. *Meyen*, Physiologie S. 190. *Mulder* physiol. Chem. *Moleschott*. S. 215 ff.

5) Gummi (Arabin, Dextrin, Pflanzenschleim zum Theil). Im reinen Zustande wasserhell, im trocknen Zustande glasartig spröde, leicht im Wasser auflöslich, eben so in diluirten Säuren, aber nicht in Alkohol, Aether, fetten und ätherischen Oelen. Wird von Alkohol körnig gefällt, durch Iod blassgelb gefärbt. Es geht durch Cerasin und einige sogenannte Schleimarten in Pflanzengallerte über, gränzt durch Dextrin an das Stärkemehl. Die Analyse des *Gummi arabicum*, von *Berzelius* berechnet, giebt die Formel:

$$C_{12} \quad H_{22} \quad O_{11}$$

Die von G. arabicum, G. senegal, G. java nach *Mulder*

$$C_{12} \quad H_{20} \quad O_{10}.$$

Es kommt nur im aufgelösten Zustande im Innern der Zellen oder als Secret in grossen Gummigängen, nicht selten mit Pflanzengallerte gemischt

und häufig (so, wie es zu technischen Zwecken gesammelt wird, fast immer) durch fremdartige Substanzen gelb oder braun gefärbt vor. Einige Pflanzengruppen zeichnen sich durch grossen Ueberfluss an Gummi aus, z. B. die Mimoseen, die Cycadeen.

In vieler Beziehung namentlich in der Elementarzusammensetzung mit dem Gummi völlig übereinstimmend ist ein Stoff, welcher durch diluirte Schwefelsäure, durch Diastase u. s. w. aus Zellstoff oder Stärke gebildet werden kann, das Dextrin. Für die Pflanze scheint es noch von grösserer Bedeutung zu seyn, als jenes. Nach *Mulder* ist der grösste Theil dessen was man bisher bei Pflanzenanalysen Gummi nannte, nur Dextrin. Schon früher hatte ich die Vermuthung ausgesprochen, dass Dextrin auch in den Pflanzen vorkommen müsse, wo ja so viel Stärke und Zellstoff aufgelöst und umgewandelt wird. Bald darauf wies *Mitscherlich* diese Substanz im Safte vieler Pflanzen wirklich nach. — Der Hauptunterschied zwischen Gummi und Dextrin ist der, dass letzteres durch diluirte Schwefelsäure, Diastase u. s. w. in Traubenzucker verwandelt wird, ersteres aber nicht. — Gummi wahrscheinlich aus Dextrin entstanden erscheint mehr als ein Ausscheidungsproduct der Pflanzen, Dextrin dagegen, in allen Pflanzensäften und besonders da wo Zellen gebildet werden gegenwärtig, scheint recht eigentlich der bildungsfähige Stoff in der Pflanze zu seyn. — Unzählig sind hier zur Zeit noch die Mittelstufen zwischen Dextrin durch Pflanzengallerte bis in den Zellstoff.

6) Zucker. Im festen Zustande und ganz rein ist er krystallisirt, wasserhell, aber leicht auflöslich in Wasser; in einigen Formen unkrystallisirbar und dann meist (durch fremde Beimischungen?) gefärbt, gelb oder braun. In Alkohol wenig, in Aether, fetten und ätherischen Oelen nicht auflöslich, mischt sich nur mit Iodlösung. Die Analysen geben nach den verschiedenen Modificationen verschiedene Resultate:

	C.	H.	O.
Wasserfreie Bleioxydverbindung nach *Berzelius* und *Liebig*	12.	20.	10.
Krystallisirter Rohrzucker nach *Gay L.*, *Thén.*, *Berz.*, *Liebig*	12.	22.	11.
Traubenzucker aus der krystallisirten Kochsalzverbindung nach *Brunner*	12.	24.	12.
Ders. aus Trauben, Honig und Stärke nach *Saussure* u. *Prout*.	12.	28.	14.

Der Zucker, der sich hauptsächlich durch seinen süssen Geschmack charakterisirt, ist vielleicht auch durch Mittelstufen, auf jeden Fall durch Inulin mit den andern genannten Stoffe verbunden, doch kennen wir solche Mittelbildungen noch nicht genügend. Er kommt weit in der Pflanzenwelt verbreitet vor, und zeigt sich besonders da, wo Stärkemehl oder die andern vorher genannten Stoffe gebildet werden sollen oder aufgelöst werden (unreife Hülsenfrüchte und Cerealien, Frühlingssaft der Bäume, z. B. *Acer*, *Betula*). In grosser Menge und längere Zeit bleibend findet man ihn in den Stengeln der Gräser (*Saccharum officinarum*, *Holcus saccharatus*, *Zea*

Mays, in fleischigen Wurzeln (*Daucus carota, Beta vulgaris*) und in saftigen Früchten (*Pyrus communis*, *Ribes rubrum etc.*) Natürlich ist er in den Pflanzen immer aufgelöst enthalten; nur wenn er ausgeschieden wird, kommt er, obwohl selten, auch krystallisirt vor (in den Nektarbehältern z. B. bei *Fritillaria imperialis*). Mannit, Mannazucker gehört nicht mit in diese Reihe, es ist nur ein Zersetzungsproduct des Rohrzuckers. Seine Formel ist $C_6\ H_{14}\ O_6$. Nach *Mitscherlich* enthält auch die mannaliefernde *Tamarix gallica* selbst kein Mannit, sondern Rohrzucker.

7) Inulin (Dahlin, Calendulin, Synantherin, Sinistrin). Aus Georginenknollen einfach durch öfteres Auswaschen dargestellt, ist es ein feinkörniges Pulver, die Körner wasserhell, leicht auflöslich in kochendem Wasser, aus dem es beim Erkalten sich körnig ausscheidet. Unlöslich in Aether und Alkohol. Wird durch Iod gelb gefärbt. Kaltes Wasser saugen die Körner ein und verschwinden dann unterm Mikroskop dem Auge, weil ihre lichtbrechende Kraft dann der des Wassers gleich ist. Daher die falsche Behauptung (*Link* und *Meyen*), dass das Inulin nur aufgelöst in der Pflanze vorkäme. Schon durch 15stündiges Kochen wird Inulin vollständig in nicht krystallisirbaren Zucker übergeführt (*Crookewitt*). Nach den Untersuchungen von *Mulder* und *Crookewitt* (*Liebig's* Ann. Bd. 44. S. 184.) besteht das Inulin aus *Dahlia*, *Helenium* und *Leontodon* im reinen Zustande aus

$$C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$$

ist also mit Stärkemehl und Zucker isomer. Inulin ist schon in vielen Pflanzen aufgefunden, an Stellen, wo sonst Stärke vorzukommen pflegt, z. B. in Knollen und fleischigen Wurzeln (*Inula Helenium*, *Georgina variabilis*), und ist wahrscheinlich ein sehr weit verbreiteter Stoff.

8) Fette Oele und Wachs. Die allgemeinste Eigenschaft dieser unter sich physikalisch und chemisch sehr verschiedenen Stoffe ist eben ihre Fettigkeit, d. h. die Eigenschaft, auf Papier einen bleibenden durchsichtigen Fleck zu machen und an Wasser nicht zu adhäriren. Ihre Farbe ist sehr verschieden, wasserhell, gelb und braun.

A. Fette. Sie sind sehr verbreitet und vertreten häufig die Stelle des Stärkemehls, z. B. in den Kotyledonen der Cruciferen (*Brassica*-arten) der Synanthereen (*Helianthus annuus*, *Madia sativa*) und vieler anderer Pflanzen. Sie finden sich in den Säften der Früchte und Wurzeln und es existirt vielleicht kein Pflanzentheil und keine Pflanze, die nicht geringe Mengen davon enthielten. Die verbreitetsten neutralen Fette in der Pflanzenwelt sind Elain und Margarin, beide nach *Mulder* aus Glycerin ($C_3\ H_4\ O$) und Elainsäure ($C_{44}\ H_{80}\ O_4 + H_2\ O$.) oder Margarinsäure ($C_{34}\ H_{68}\ O_3 + H_2\ O$). Elain ist flüssiger, Margarin fester, beide in verschiedenen Verhältnissen gemischt bilden die verschiednen in den Pflanzen vorkommenden Fettarten. Ausserdem kommen noch viele eigenthümliche Fettarten hin und wieder vor, in der Cocus- und Muskatbutter, im Palm- und Lorbeeröl u. s. w. — Alle bilden mit den Alkalien die sogenannten Seifen und werden dadurch in Wasser löslich. Sonst sind sie in Wasser völlig unlöslich, in Aether und Alkohol bald mehr bald weniger, in ätherischen Oelen leicht löslich. Ueber ihren Uebergang in die früher genannten Stoffe, der doch nach den

Vorgängen beim Keimen der ölhaltenden Saamen nicht bezweifelt werden kann, wissen wir noch gar nichts.

B. Wachs. Dieser Stoff, von den Fetten hauptsächlich durch seine völlige Unlöslichkeit in kaltem Alkohol und seine Sprödigkeit verschieden, ist sehr weit in der Pflanzenwelt verbreitet und spielt eine wichtige Rolle. Es giebt wenig Pflanzen, die nicht Spuren davon auf ihrer Oberfläche ausschwitzten, bei allen sogenannten bereiften Pflanzen und Pflanzentheilen besteht der bläuliche Ueberzug aus einer dünnen Schicht ganz kleiner Wachskörnchen, dicker sind die Früchte der Myriceen, des *Croton sebiferum* u. a., *Tomex sebifera, Rhus succedaneum,* die Blätter von *Encephalartos,* die Bracteen von *Musa paradisiaca* und *Strelitzia farinosa,* der Stamm von *Ceroxylon audicola* damit überzogen. In den Pflanzen scheint es überall als Grundlage des Blattgrüns und in vielen Pflanzenfamilien auch sonst als Zelleninhalt vorzukommen, z. B. in den Balanophoren *), in reichlicher Menge findet es sich in dem Milchsaft von *Galactodendron utile* (*Solly's Galactin*). Auch im Wachs scheinen gewöhnlich zwei nähere Bestandtheile gemischt vorzukommen, Myricin in kochendem Alkohol unlöslich (C_{20} H_{40} O) und Cerin in kochendem Alkohol löslich (C_{10} H_{20} O). Wachs wird entschieden von den Bienen aus Zucker bereitet, eine Wachsart im Zuckerrohr scheint nach *Avequin* (*Ann. de Ch. et de Phys. Oct.* 1840 *p.* 218) bald in Zucker, bald dieser in jene Wachsart überzugehen. Das Wachs, welches Träger des Chlorophylls ist, scheint aus Stärke, vielleicht auch aus Inulin gebildet zu werden (vergl. *Mulder physiol. Chem.*, *Moleschott* S. 253 ff.). Die Zusammensetzung dieser letztern Wachsart scheint nach *Mulder* (a. a. O. S. 277) in der Fruchtschale von Aepfeln C_{40} H_{64} O_{10}, aber in den meisten grünen Blättern C_{15} H_{30} O, (a. a. O. S. 298) auf jeden Fall also eine verhältnissmässig sehr sauerstoffarme Substanz zu seyn. Die meisten Wachsarten sind aber noch lange nicht genau genug untersucht. Nach der ersten Formel können 10 Aequiv. Stärke (C_{120} H_{200} O_{100}) 3 Aeq. Wachs (C_{120} H_{192} O_{30}) bilden, wobei sich 4 H_2 O und 66 O abscheiden; nach der zweiten Formel gehen 5 Aeq. Stärke + 10 H_2 O (C_{60} H_{120} O_{60}) unter Freiwerden von 56 O in 4 Aeq. Wachs (C_{60} H_{120} O_4) über.

§. 10.

Andere Stoffe treten zwar weder selbst als Zellenwände auf, noch bildet sich aus ihnen der Stoff der Zellenwände, gleichwohl ist ihre Gegenwart auch für den einfachsten Vegetationsprocess nothwendig. Sie bestehen aus C, H, O und N, zuweilen mit etwas P und S. Ich nenne sie mit einem Collectivnamen Schleim, die Chemiker geben ihnen ver-

*) Vergl. *Göppert,* Bau der Balanophoren in *Act. Acad. Leopold. Carol. Nat. Cur. Vol. XVIII. Supplem. p.* 236 *et* 253.

schiedene Namen, z. B. Eiweissstoff, Kleber, Gliadin, Zymom, Leim, Diastase, *Gluten vegetabile*, Legumin *etc.*

In allen lebensthätigen Zellen findet sich ausser den genannten Stoffen noch eine halbflüssige, in einander fliessend körnige Materie von blassgelblicher Farbe, oft ganz flüssig, oft fester, die durch Alkohol ganz körnig, fadig oder halb membranös wird, mit Iod sich dunkelbraun färbt und nach manchen Erscheinungen sich als ein vielfach veränderlicher Stoff zeigt. Manche Modificationen desselben sind von den Chemikern, vielleicht nie ganz rein, und oft durch den Process der Darstellung schon verändert aus den Pflanzen abgeschieden worden und mit obigen Namen belegt. Alle charakterisiren sich durch bedeutenden Stickstoffgehalt und durch ihre später (§. 11.) zu erwähnende Einwirkung auf die in §. 9. genannten Stoffe. Sie sind in geringerer Menge vorhanden oder fehlen gänzlich in den stärkemehlhaltigen Pflanzentheilen, die für sich schwer oder gar nicht in Gährung übergehen, z. B. in den Kartoffeln, dem Roggen (*Secale cereale*), der Pfeilwurzel (*Maranta arundinacea*), sie finden sich überwiegend häufig in den leicht gährenden, z. B. in gutem Weizen, dem Wein u. s. w.

In den meisten jugendlichen Zellen kommt der Schleim als ein zarter Ueberzug der ganzen inneren Fläche der Zellenwand vor (vergl. unten über Zellensaftbewegung.) In den Leguminosensaamen kommen diese Stoffe in denselben Zellen, welche Stärke enthalten, in geringerer Menge, in grösserer Menge aber in besondern Zellen, dieselben ganz allein (?) erfüllend, vor. Eben so liegt in den Körnern der Cerealien dicht unter der Saamenschale eine Schicht von Zellen, welche fast ausschliesslich von Schleim erfüllt sind, während die übrigen Zellen des Saameneiweisses fast nur Stärke mit wenig Schleim enthalten. In den Mandeln ist in allen Zellen der Schleim mit Oel gemischt und bittere wie süsse Mandeln zeigen unterm Mikroskop keinen wesentlichen Unterschied.

Die neuere Chemie hat den gesammten Schleim in Folge der Arbeiten von *Liebig* und *Mulder* in drei Gruppen vertheilt, in Eiweiss (Pflanzeneiweiss), Faserstoff (Kleber in Cerealien) und Käsestoff (Legumin in Hülsenfrüchten), die mit den gleichnamigen Stoffen des thierischen Körpers identisch sind. *Dumas* fügt als vierte Gruppe noch den Leim (*gelatina animalis*) hinzu, welcher Antheil an der Zusammensetzung des Klebers haben soll. *Mulder* hat nachgewiesen, dass ihnen allen ein gleicher Stoff, das Protein (aus H_{62} C_{40} N_{10} O_{12}) zu Grunde liege und dass die Verbindung dieses Stoffes mit S (10 Pr + S) Käsestoff, mit P und weniger S (10 Pr + 1 P + 1 S) Faserstoff, mit mehr S (10 Pr + 1 P + 2 S) Eiweiss ist. Um sie einzeln in der Pflanzenzelle unterscheiden zu können, giebt es noch kein Mittel und alle sind in ihren Eigenschaften so variabel, dass man sie nur als Gruppen von Stoffen ansehen kann. Durch *Liebig's* Nachweisung, dass der thierische Körper unfähig sey, einen der genannten Stoffe zu bilden, sondern sie fertig aus der Nahrung aufnehmen müsse, haben sie eine neue ganz eigenthümliche Wichtigkeit erhalten. Nach den Untersuchungen von *Rochleder* und *Hruschauer* (*Liebig's* Ann. Bd. 45.

S. 253 u. Bd. 46. S. 348) scheinen diese Stoffe im ganz reinen Zustande schwache Säuren darzustellen. Auffallend in dieser Beziehung ist ihre constante Verbindung mit Alkalien und Erden, besonders phosphorsauren Salzen (vielleicht zu Doppelsalzen) im pflanzlichen und thierischen Organismus.

§. 11.

Die in §. 9. angeführten Stoffe gehen unendlich leicht in einander über und scheint dazu die Gegenwart des Schleims in der Pflanzenzelle erforderlich. Stufenweis scheinen sie alle Formen zu durchlaufen vom löslichsten, dem Zucker, bis zum unlöslichsten, dem Membranenstoff.

Schon aus der obigen Darstellung und Hinweisung auf die Uebergangsbildungen zeigt sich, dass die im §. 9. aufgeführten Stoffe nicht scharf umschriebene Arten von Materie sind, die so neben einander stehen, wie etwa Schwefelsäure und schwefelige Säure, Eisenoxydul und Oxyd, sondern dass eine ziemlich stetige Reihe von Veränderungen von einem Stoff zum andern überführt; künstlich gelingt es uns bei vielen derselben, sie durch Vermischung mit dem Schleim oder durch Einwirkung von Schwefelsäure, Alkalien, selbst durch leichtere chemische Processe, z. B. wiederholtes Auflösen und Abdampfen in einander überzuführen. Man hat die Eigenschaft des Schleims, der Schwefelsäure u. s. w. in anderen Stoffen chemische Veränderungen hervorzurufen, ohne selbst dabei verändert zu werden, mit *Berzelius* katalytische, mit *Mitscherlich* Contactwirkung genannt, andere Worte, aber ebenso ohne Erklärung, hat *Liebig* dafür gegeben. Vorläufig müssen wir uns damit begnügen, dass es so ist. In der Pflanze, wo, wie gesagt, neben den erstgenannten Stoffen beständig auch Schleim vorkommt und auf jene einwirkt, befinden sie sich in einer beständigen Metamorphose begriffen, von der einige nur auf kurze Zeit sich gleichsam auszuruhen scheinen. Fast alle jene veränderlichen Stoffe scheinen nach einer gleichen chemischen Formel zusammengesetzt und variiren nur im Wassergehalt, seltner durch den Sauerstoffgehalt. Sollte es nicht sehr wahrscheinlich seyn, dass in ihnen ein gemeinschaftlicher Grundstoff nur durch verschiedene Hydratzustände und durch physikalische Veränderungen in der Dichtigkeit u. s, w. so verschiedene Erscheinungsweisen annähme? Hier ist, wie mir scheint, noch immer ein grosses Feld für die Chemie.

Auf jeden Fall ist so viel gewiss, dass die räthselhaften Eigenheiten in dem physikalischen Process, den man Leben nennt, und welche man einer besondern Lebenskraft zuschreiben zu müssen glaubte, weil die verwickelten Combinationen der einfachen zu Grunde liegenden Kräfte die Fassungskraft der Menschen überstieg, zum grösseren Theil grade in der Eigenthümlichkeit des organischen Stoffes begründet sind, welcher durch die kleinsten Einwirkungen so modificirt wird, dass er den mit ihm in Berührung kommenden Theilchen ganz neue Eigenschaften entgegenstellt, durch diesen Conflict vielleicht wieder verändert, abermals in anderer Weise auf seine Umgebungen einwirkt u. s. f., wodurch eben ein beständiges Spiel chemischer

und physikalischer Thätigkeiten erhalten werden kann und bei gegebenen Anfangscombinationen auch erhalten werden muss.

Wir kennen bis jetzt mit Sicherheit, weil ausser der Pflanze vor sich gehend, den Uebergang von Zellstoff in Stärke, von Stärke in Dextrin, von Dextrin und Rohrzucker in Traubenzucker, von Traubenzucker in Gummi (bei Gährung des Runkelrübensaftes). Alle diese Metamorphosen, mit Ausnahme der ersten, die nur durch Schwefelsäure bewirkt wird, werden auch durch stickstoffhaltige Substanzen (Schleim) herbeigeführt. Mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen wir aus den in der Pflanze *leichter* zu beobachtenden Substitutionen, unterstützt durch chemische Analogien, auf einen Uebergang von Zucker in Dextrin, von Dextrin in Stärke, Amyloid, Zellstoff, Pflanzengallerte, von Wachs in Zucker, von Zucker und Stärke in Wachs, von Stärke in fette Oele, von Fetten in Zucker und Dextrin. In diesen Umwandlungen gleich oder sehr ähnlich zusammengesetzter Stoffe durch blosse Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser oder Sauerstoff beruht die hauptsächlichste Grundlage des vegetabilischen Stoffwechsels, der Bildung und Umbildung der Elementarorgane und somit eines wesentlichen Theils des sogenannten Lebens. Wer sich mit Pflanzenphysiologie beschäftigen will, und das muss jeder Botaniker der auf Wissenschaftlichkeit Anspruch macht, darf sich daher einem gründlichen Studium der betreffenden Abschnitte der organischen Chemie durchaus nicht entziehen.

Zweiter Abschnitt.

Von den übrigen unter dem Einfluss der Vegetation entstandenen organischen Stoffen.

§. 12.

Von den unzähligen in den Pflanzen vorkommenden Bestandtheilen sind einige zu erwähnen, die eine sehr allgemeine Verbreitung haben und in einer näheren Beziehung zum allgemeinen Vegetationsprocess zu stehen scheinen; dahin rechne ich 1) das Chlorophyll oder Blattgrün; 2) die andern, die Farben der Pflanzen bestimmenden Stoffe; 3) die Aepfel-, Citronen- und Weinsteinsäure; 4) die Alkaloide; 5) den Gerbstoff; 6) das Viscin und Kaoutschouk; 7) Humus.

1) Chlorophyll (Blattgrün, *faecula viridis, chromula, Phytochlor*, grünes Pflanzenwachs etc.). Wenn man einen grünen Pflanzentheil zerquetscht und mit Alkohol extrahirt, so erhält man eine grüne Tinctur. Dunstet man, am besten unter der Luftpumpe, zum Trocknen ab, so erhält man eine grüne fettige Masse (die mit Aetzkali eine Seife bildet). Löst man sie

in Aether auf, vermischt die Auflösung mit Wasser und lässt den Aether verdunsten, so erhält man etwas weniger schmierige Kügelchen, die grade wie die Tinctur bei auffallendem Lichte grün, bei durchfallendem Lichte burgunderroth erscheinen. Aehnliche Kügelchen scheiden sich aus der weingeistigen Tinctur durch Frostkälte ab. Wenn man die letzte Tinctur mit Wasser vermengt und über Feuer den Alkohol abdampft, so fällt ein Theil der fettigen Substanz nieder, das Wasser aber färbt sich braungelb und erhält einen charakteristischen Geruch nach braunem Thee. So ist das, was man gewöhnlich Chlorophyll nennt. Mit Schwefelsäure behandelt wird es entweder nicht verändert oder verkohlt, niemals aufgelöst oder blau *) In ätherischen oder fetten Oelen ist es auflöslich.

In allen im Licht wachsenden Pflanzen (einen Theil der Algen, Flechten, Pilze und die ächten Parasiten ausgenommen) findet sich dieser Stoff entweder die Zellenwände gleichförmig oder in spiraligen Bändern (bei *Spirogyra*), oder den körnigen Inhalt der Zelle (oft Stärke, aber auch eben so oft andere Stoffe) überziehend **). Nur in dem letzteren Sinne ist in der Folge von Chlorophyllkörnern die Rede, da mir Körner, die ganz aus Chlorophyll beständen, nicht bekannt sind. In Bläschen kommt es wohl niemals vor ***).

Dies Chlorophyll besteht aus einem weissen wachsartigen Stoffe (vergl. S. 186) und dem eigentlichen grünen Farbstoff. Von der erstern Substanz enthält es noch mehr, wenn der erste Auszug der grünen Theile mit Aether gemacht ist. — Der reine grüne Farbstoff entsteht fast überall augenblicklich unter Einwirkung des Lichts, was vorauszusetzen scheint, dass in der Pflanze ein allgemein verbreiteter Bestandtheil die Grundlage zur Bildung des reinen Farbstoffs seyn muss, (farbloses Chlorophyll), aber er wird auch eben so leicht unter dem Einfluss des Lichts zersetzt. Zu den Zersetzungsproducten gehören insbesondere ein gelber, ein blauer und ein schwärzlicher Farbstoff, unter Umständen scheint (nach *Mulder*) auch Wachs (?) aus dem grünen Farbstoff gebildet werden zu können. Die gelben Blätter im Herbst enthalten verhältnissmässig mehr Wachs, als die grünen im Sommer, die Schalen der gelben reifen Früchte mehr als die grünen Schalen der noch unreifen (aber bei beiden findet sich auch anfänglich mehr an Stärke oder dem äquivalenten Inulin als später). Die noch allein dastehende von *Mulder* selbst als noch ungenügend bezeichnete Analyse giebt: $C_{18} H_{18} N_2 O_8$ also einen Stoff, der als stickstoffhaltig ganz ohnmöglich aus der Stärke ohne weiteres entstehen kann; *Meyen's* †) Behauptung dieser Thatsache ist auch offenbar eine blosse Fiction. Dagegen wissen wir, dass gleichzeitig mit der Entste-

*) Wie *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, Bonn 1834, fälschlich angiebt. Vergl. dagegen auch *Hugo Mohl* über die winterliche Färbung der Blätter. Tübingen, 1837.

**) *Hugo Mohl*, Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Tübingen, 1837.

***) *Link*, *Elem. phil. bot. Ed. II.* giebt auch nicht an, wie er sich vom Daseyn der Bläschen überzeugt.

†) *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 193.

hung jeder Pflanzenzelle Protein und Proteinverbindungen auftreten und dass diese Stoffe wenigstens in den grün werdenden Pflanzentheilen niemals fehlen. Es liegt daher nahe, an eine Entstehung des Chlorophylls aus dem Protein zu denken. Sehr verwandt mit dem reinen Blattgrün scheint auch der Grundstoff des Indigo in den grünen Blättern der *Indigofera*-arten, des *Polygonum tinctorium*, der *Isatis tinctoria* etc. zu seyn. Blauer Indigo ist: C_{16} H_{10} N_2 O_2; weisser (desoxydirter) Indigo: C_{16} H_{12} N_2 O_2. Der reine grüne Farbstoff löst sich in Salzsäure, Schwefelsäure und Alkalien mit grüner Farbe auf und kann daraus unverändert wieder gefällt werden, löslich ist derselbe ferner in Alkohol und Aether, unlöslich in Wasser. Dem Licht ausgesetzt oder mit Wasserstoff in *statu nascenti* behandelt, wird er entfärbt.

Die verschiedenen Nuancen der grünen Pflanzentheile beruhen auf sehr verschiedenen Ursachen, theils auf der Natur des Chlorophylls, ob es reiner oder mehr oder minder mit seinen (gelben, blauen oder schwarzen) Zersetzungsproducten gemischt ist, theils auf der Menge des Chlorophylls in den einzelnen Zellen, theils auf der dichteren oder lockerern Aneinanderlagerung dieser Zellen, so z. B. erscheint die untere Seite so vieler Blätter von matterem und hellerem Grün, weil zwischen den Zellen so viele grosse lufterfüllte Intercellularräume sich befinden, was bei auffallendem Lichte dem Grün mehr oder weniger Weiss beimischt. Die gefleckten (panachirten) Blätter entstehen entweder dadurch, dass einzelne Zellengruppen nur den gelben Zersetzungsstoff des Chlorophylls enthalten wie bei *Phalaris arundinacea picta* (eine auf trockenem Boden entstandene, im sumpfigen Standort wieder verschwindende Spielart), *Ilex aquifolium foliis vari egatis*etc., oder es löst sich an bestimmten Stellen die mit farblosen Säften gefüllte Oberhaut von dem darunter liegenden grünen Zellgewebe ab und die dazwischen tretende zarte Luftschicht erscheint dann als silberglänzender Fleck, so bei *Begonia argyrostigma* u. a. bey *Silybum marianum* u. s. w. — Endlich wird die grüne Farbe noch bedeutend modificirt durch die mehr oder minder starke Absonderung von Wachs auf der Oberfläche, welche bei einigen Pflanzen eine so dicke Lage kleiner silberglänzender Schüppchen bildet, dass sie fast schneeweiss erscheinen, z. B. *Elymus arenarius*.

2) Die Pflanzenfarben. Bis jetzt sind sie noch wenig genau untersucht. Man kann im Allgemeinen auflösliche und unauflösliche unterscheiden. Die letzteren finden sich in den Zellen als Kügelchen von gelber (*Fritillaria imperialis*), rother, selten von blauer Farbe (in *Strelitzia farinosa*), sie sind häufig in Alkohol, Aether und ätherischen Oelen auflöslich, vom Alkohol getrennt nicht fettig, sondern harzartig. Die ersteren finden sich, so viel ich weiss, nur roth (durch eine Säure) und blau (letzteres durch ein Alkali) im Zellensaft aufgelöst (z. B. in den meisten rothen Pflanzentheilen, in den Blumen von *Echium vulgare etc.*) Sie sollen alle eine Stickstoffverbindung*) enthalten. Es kommen aber noch manche andere Farbstoffe vor, z. B. rothe (*Iberis umbellata*), blaue (Veilchen-

*) Nach *Liebig*, Organ. Chemie S. 66.

saft), die durch Alkalien grün werden und chemisch sehr verschieden zu seyn scheinen von den vorigen. Im Ganzen ist hier die Chemie noch sehr zurück.

Geschichtliches. Im Jahre 1834 erschien ein Buch von *Clamor Marquart* über die Pflanzenfarben, welches grosses Aufsehen gemacht und von Pflanzenphysiologen und Chemikern um die Wette abgeschrieben ist. Er stellt die Sache so dar: Chlorophyll ist der Mittelstoff, daraus bildet sich durch Wasseraufnahme bei Einwirkung der Alkalien (können die nicht anders wirken, als dass sie zur Wasseraufnahme disponiren?) das *Anthoxanthin*, der Farbestoff der gelben Farbereihe (nach den angegebenen Pflanzen lauter harzartige, also in Wasser unlösliche Stoffe und das durch Wasseraufnahme aus einem fettigen Stoff!), durch Wasserentziehung, z. B. durch Schwefelsäure (muss denn diese nur Wasser entziehend wirken?) das *Anthocyan* (nach den angegebenen Pflanzen fast lauter in Wasser auflösliche Farbestoffe durch Wasserentziehung!!). Dabei giebt *Cl. Marquart* an, er habe sich nicht bemüht die Farbestoffe erst rein darzustellen, da es ihm ja nur auf die Farbe ankomme, und das sagt ein Chemiker, der weiss, dass ein paar Atome Wasser den Eisenvitriol grün, den Kupfervitriol blau färben? Es bedarf keiner grossen chemischen Kenntnisse, um die völlige Unbrauchbarkeit der Arbeit von vorn herein einzusehen.

Durch falsche Auffassung zum Theil noch mehr verkehrt ist die ganze Marquart'sche Lehre ohne Quellenangabe abgeschrieben in *Endlicher* und *Unger* Grundzüge der Botanik S. 20. — Ueber das Chlorophyll haben wir vortreffliche Arbeiten von *Berzelius* (Hdb. d. Ch.) und *Mulder* (physiol. Chem. *Moleschott*) erhalten, denen ich in vorstehendem hauptsächlich gefolgt bin. Die übrigen Pflanzenfarben, die technisch wichtigen (physiologisch aber grade unwichtigsten) Farbstoffe abgerechnet, erwarten noch ihre Bearbeiter.

3) Die Weinsteinsäure (Weinsäure, *Acidum tartaricum*, $\overline{\mathrm{T}}$.), die Citronensäure (*Acidum citricum*, $\overline{\mathrm{Ci}}$.) und die Apfelsäure (*Acid. malicum*, $\overline{\mathrm{Ma}}$.) finden sich theils einander folgend, theils einzeln in fast allen saftigen, säuerlichen Früchten, und vielleicht sonst auch in vielen säuerlichen Pflanzensäften (z. B. äpfelsaurer Kalk in *Sempervivum tectorum*). Aus dem Reifen der Früchte hat man geschlossen, dass sie in eigenthümlicher Beziehung zum Zucker stehen, leicht aus demselben entstehen und in denselben übergehen. Doch ist hier noch ein weites Feld für genauere Untersuchungen. *Liebig* *) glaubt die Vermuthung aussprechen zu dürfen, dass bei Gegenwart von Alkalien das kohlensaure Wasser in Oxalsäurehydrat, dieses in Weinsteinsäure, Apfelsäure und endlich in Zucker und Dextrin übergeführt werde, dass also die Pflanzensäuren gleichsam Mittelglieder zwischen den unorganischen und organischen Stoffen seyen. Dies ist eine von *Liebig's* höchst genialen Combinationen, denen aber leider noch gar keine Beobachtung in der Wirklichkeit die Hand bietet. Die

*) Org. Chemie in Anw. auf Agricult. 5. Aufl. S. 188.

chemische Zusammensetzung der genannten Säuren ist nach *Berzelius* und *Liebig* folgende:

	C.	H.	O.
Weinsteinsäure	4.	4.	5.
Citronensäure	4.	4.	4.
Apfelsäure	4.	4.	4.

4) Die Alkaloide so wie die übrigen Pflanzensäuren sind bis jetzt nur insofern für das Leben der Pflanze wichtig, als sich die Bemerkung von *Liebig* (Org. Chem. S. 92.) auch auf diese beiden Classen von Stoffen erstreckt. Viele Pflanzen scheinen die Fähigkeit zu haben, wenn es ihnen zur Sättigung einer Base an unorganischen Säuren, oder umgekehrt zur *Sättigung* letzterer an unorganischen Basen fehlt, organische Säuren und Basen zu diesem Zwecke zu bilden. So finden wir in den ohne Boden sprossenden Kartoffeln eine Menge Solanin, so vertreten sich Chinin, Cinchonin und Kalk in der China, so wird die Meconsäure im Opium zuweilen durch Schwefelsäure ersetzt (*Liebig* org. Chem. S. 93.).

5) Der Gerbestoff (Gerbsäure, Tannin u. s. w.). In den meisten Pflanzen (besonders Phanerogamen und Farnkräutern) kommt mehr oder minder häufig ein Stoff vor, welcher Lacmus röthet, zusammenziehend schmeckt und thierischen Leim in Leder umwandelt. Der Stoff scheint nach den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden modificirt zu seyn. Er scheint mehr in Zellen mit geringen Vitalitätserscheinungen vorzukommen, z. B. Holz, Borke, in früh absterbenden Excrescenzen, z. B. den Gallen, doch auch in vielen Blättern in reichlicher Menge (bei *Thea*, den Ericeen u. a.), hier aber vielleicht auch nur in den Gefässbündeln oder weniger kräftig vegetirenden Zellen (in den perennirenden Blättern). Häufig, z. B. in der Borke haben die Zellen wenig oder gar keinen Inhalt und ich möchte die Vermuthung wagen, dass der Gerbestoff überall nur in der Substanz der Zellenwandung, vielleicht als ein Product des beginnenden Zersetzungsprocesses des Zellstoffs vorhanden ist. Wenn 2 Aeq. Zellstoff (24 C, 40 H, 20 O) 16 O aus der Luft aufnehmen, so können sich 12 H_2 O (Wasser) bilden, 6 CO^2 (Kohlensäure) entweichen und 1 Gerbestoff (18 C, 16 H, 12 O) bleibt übrig. Die Bildung von Gerbstoff lässt sich also bequem als beginnender Verwesungsprocess der Zellenmembran ansehen. Nach *Mulder's* Formel des Zellstoffs (C_{24} H_{42} O_{21}) würden nur 4 O aufgenommen und unter Abscheidung von 13 H_2 O ein Aeq. Gerbsäure gebildet. In der lebendigen Zelle kommen wenigstens gar manche Stoffe vor, die neben dem Gerbestoff nicht bestehen könnten, z. B. der Schleim*).

6) Das Viscin (Vogelleim) und das Kaoutschouk ist bis jetzt von den Chemikern nur in wenigen Pflanzen aufgesucht und untersucht worden. Viscin ist ein wasserheller, sehr klebriger, in Wasser unlöslicher Stoff, der in den Beeren der Mistel (*Viscum album*), im Fruchtboden von *Atractylis gummifera*, in dem Milchsafte der noch grünen Zweige von

*) „Die Gerbsäure ist immer im Zellsafte aufgelöst" sagen *Unger* und *Endlicher* (Grdz. d. Bot. S. 19.), woher sie das wissen, erfährt man aber nicht. Wie kommt es denn, dass die völlig saftlose Eichenborke soviel Gerbsäure enthält?

Ficus elastica vorkommt. Man muss aber auch den eigenthümlichen Stoff, der in der Proscolle bei den Orchideen und als fadenartiges Gewebe zwischen dem Pollen derselben Pflanzen vorkommt, sowie die Flüssigkeit, welche die Drüsen am Stigma der Asclepiadeen ausschwitzen, endlich das Product der Drüsen unter den Antheren einiger Apocyneen, z. B. *Nerium Oleander*, hierher rechnen. Untersucht man die Entwickelungsgeschichte dieser Theile, sowie die Bildung des Viscins beim *Viscum album*, so findet man, dass sich überall dieser Stoff durch Auflösung vorhandener Zellen bildet. Bekannt ist, dass bei fast allen Zersetzungen des Zellstoffes Kohlenstoff in Ueberschuss bleibt, und damit stimmt recht gut die Analyse des Viscins überein, welche besteht:

	C.	H.	O.
(*Macaire Prinsep*) aus	75,6.	9,2.	15,2.

Das Kaoutschouk oder doch ein wesentlicher Bestandtheil desselben scheint zum Viscin fast in demselben Verhältniss zu stehen, wie Gummi zum Pectin. Es gehört zu den Excretionsstoffen und findet sich daher nur in den Milchsäften der Pflanzen, vorzüglich aus den drei Jussieu'schen Familien der *Urticeae*, *Euphorbiaceae* und *Apocyneae*. Die Milchsäfte anderer Familien sind sehr arm an Kaoutschouk, obwohl es in keinem ganz zu fehlen scheint. Der Stoff, der allen chemischen Angriffen trotzt, nur in Aether aufquillt und sich vertheilt (nicht auflöst) und durch trockne Destillation einige merkwürdige Producte liefert (vergl. *Himly de Kaoutschouk ejusque siccae destillationis productis*. Göttingen, 1835), hat viel Eigenthümliches und Unerklärtes, sein Verhältniss zur Pflanze, seine Entstehung u. s. w. sind uns noch völlig fremd. Im Milchsafte findet sich das Kaoutschouk in Gestalt kleiner Kügelchen, emulsionartig vertheilt. Beim Stehen des Saftes, besonders wenn dieser mit Salzwasser verdünnt ist, sammelt es sich allmälig an der Oberfläche als ein ganz weisser Rahm, der getrocknet blass gelblich und fast völlig durchsichtig ist. *C. H. Schulze*, der in jeder Beziehung über Milchsaft und Milchsaftgefässe fabelhaft geträumt hat, lässt das Kaoutschouk analog dem Faserstoff des Blutes in der Flüssigkeit gelöst seyn. *Mohl* hat ihn (in der botanischen Zeitg. 1843. Sp. 553.) zurechtgewiesen und da das nicht half (ebendaselbst Sp. 825.), die verdiente Züchtigung zukommen lassen. Wer den jetzt so leicht käuflich zu erhaltenden Milchsaft der *Siphonia elastica* untersucht und dann noch der Schulze'schen Meinung beitritt, der kann nicht sehen oder will nicht sehen. Er diente mir zur Grundlage bei eignen Versuchen und ich kann nur alles bestätigen, was *Berzelius* in seiner Chemie darüber angiebt.

7) Der Humus (Humin und Huminsäure, Ulmin und Ulminsäure, Humuskohle, Humusextr ct, Geinsäure, Quellsäure, Quellsatzsäure.). Wenn abgestorbne vegetabilische und thierische Stoffe der Einwirkung von Feuchtigkeit und Atmosphäre ausgesetzt sind, so wird im Allgemeinen Sauerstoff aus der Luft absorbirt, der sämmtliche Stickstoffgehalt verbindet sich mit dem nöthigen Wasserstoff zu Ammoniak, welches für sich oder mit gleichzeitig gebildeter Kohlensäure entweicht, wenn es nicht durch andere zufällig vorhandene oder sich bildende Säuren fixirt wird; der Kohlenstoff

bildet Kohlensäure, der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Atmosphäre Wasser, und mit dem Stickstoff derselben, sobald die Zersetzung im geschlossenen Luftraum, also in den tieferen Lagen des Bodens vor sich geht, Ammoniak. Zuletzt bleibt nichts übrig als die unorganischen Salze der Pflanze oder des Thieres. Dazwischen liegen aber eine Menge Zwischenstufen. Die indifferente, unlösliche, kohlenstoffreiche Masse wird, wenn sie schwarz ist, Humin, wenn sie braun ist, Ulmin genannt, sog. Humuskohle. Ferner entstehen fünf bis jetzt bekannte Säuren, Humin- und Ulminsäure, Gein-, Quell- und Quellsatzsäure. Lange erhalten sich dazwischen Harz und wachsartige Stoffe, die man (zuweilen selbst mit rein grüner Farbe) noch in der aus 6 Jahr alten Blättern entstandenen Baumerde durch Aether in bedeutender Menge gewinnen kann. Die Säuren bilden mit den Alkalien und selbst mit einigen Erden auflösliche Salze, die in Verbindung mit den unorganischen auflöslichen Salzen das sog. Humusextract bilden. Das ganze Gemenge von Stoffen (Humus, Baumerde, Dammerde) bildet vermischt mit den Verwitterungsproducten der verschiedenen Felsarten der Erdrinde die Ackererde oder den culturfähigen Boden, für einen grossen Theil der Pflanzen das eigentlich naturgemässe und zusagendste Medium des Wachsthums. Der Zeit nach entsteht zuerst Ulminsäure ($C_{40}\ H_{28}\ O_{12}$), diese geht durch Absorption von 2 O und Abscheidung von 2 H^2O in Huminsäure ($C_{40}\ H_{24}\ O_{12}$) und diese durch Aufnahme von 91 O und Abscheidung von 40 CO^2 und 24 H_2 O in Geinsäure ($C_{40}\ H_{24}\ O_{14}$) über. Diese 3 Säuren sind für sich in Wasser fast unlöslich und werden durch stärkere Säuren aus dem alkalischen Bodenextract gefällt. In der Lösung bleiben die für sich in Wasser leicht löslichen Quellsäure ($C_{24}\ H_{24}\ O_{16}$) und Quellsatzsäure ($C_{48}\ H_{24}\ O_{24}$); letztere wird durch essigsaures Kupfer, erstere dann durch essigsaures Kupfer und kohlensaures Ammoniak als quellsatzsaures und quellsaures Kupfer gefällt.

Mulder erhielt aus 3 Bodenarten durch Wasser aus 100 Theilen 0,424 — 2,771 — 1,540 auflösliche Bestandtheile, darunter quellsaure, quellsatzsaure und huminsaure Salze, aus dem Rückstand (?) zogen Alkalien noch 4,249 — 5,289 — 8,667 Theile aus, diese bestanden aus Gein-, Humin-, Ulmin-, Quell- und Quellsatzsäure.

Als Beispiel für die Bildung jener Stoffe kann folgendes dienen:

	C	H	O	N
7 Aequiv. Zellstoff + 8 Aequiv. O =	84	140	78	
2 Aequiv. Humin =	80	48	24	
4 - Kohlensäure =	4		8	
46 - Wasser =		92	46	
	84	140	78	
oder 1 Aequiv. Protein + 4 Aequiv. O =	40	62	16	10
1 Aequiv. Humin =	40	30	15	
1 - Wasser =		2	1	
5 - Ammoniak =		30		10
	40	62	16	10

Humin, Ulmin und Geinsäure haben eine ausnehmende Verwandtschaft zum Ammoniak und können, da die Atmosphäre solches beständig enthält, nur mit äusserster Sorgfalt der Behandlung ammoniakfrei erhalten werden. Noch grösser ist die Verwandtschaft der Quellsatzsäure und Quellsäure zu dieser Basis. Nach *Mulder's* Darstellung ist im Boden sich bildende Salpetersäure (als Verwesungsproduct des Ammoniaks) der Stoff, welcher mit der Geinsäure quellsatzsaures Ammoniak und aus der Quellsatzsäure Quellsäure bildet. Diese beiden Säuren sind vier- und fünf-basisch und führen so (wenn nur 1 Aeq. Ammoniumoxyd darin ist, in löslicher Form) der Pflanze eine Menge anorganischer Substanzen zu. — Man vergleiche hierüber insbesondere *Mulder Bulletin des sciences phys. et nat. en Neerlande Année* 1840. *Livr.* 1. und physiologische Chemie *Moleschott* S. 146 ff.

§. 13.

Ausser den im vorigen Paragraphen betrachteten finden sich noch eine zahllose Menge von Stoffen in den Pflanzen, die vielleicht zum geringsten Theile bis jetzt bekannt sind und auf das Leben der Pflanze im Allgemeinen von sehr geringem Einfluss zu seyn scheinen. Hierher gehören gewisse von den Chemikern gemachte Classen von Stoffen, z. B. die Pflanzenalkaloide, die meisten Pflanzensäuren, die Harze, ätherischen Oele, Farbestoffe u. s. w. Viele muss man gradezu als Secretionsstoffe ansehen. Alle aufzuzählen wäre hier nicht am Ort. Man vergleiche darüber chemische Handbücher.

Ein grosser Theil der Pflanzensäuren, fast alle Alkaloide, viele Harze u. s. w. kommen nur in eignen Höhlen (Secretionsbehältern) oder in den sogenannten Milchsaftgefässen, niemals in der Pflanzenzelle vor, andere, wie z. B. ätherische Oele und Harze, finden sich zwar in einzelnen Zellen, füllen dieselben aber dann häufig ausschliesslich aus, wodurch jede fernere chemische Umbildung unmöglich wird, die Zelle also als todt erscheint. Manche unter ihnen können unter Umständen ganz fehlen (z. B. der giftige Stoff des Schierlings bei den Pflanzen der asiatischen Steppen), oder durch andere ersetzt werden, ohne dass die Vegetation der Pflanze darunter im geringsten leidet. Daher glaube ich sie bei der allgemeinen Betrachtung des Pflanzenlebens gradezu als unwesentliche Stoffe bei Seite stellen zu dürfen. Auch liesse sich doch wenig oder gar nichts darüber sagen, weil die Chemie in dieser Beziehung, soweit es nicht die Untersuchung der aus der Pflanze abgeschiedenen und meist schon veränderten Stoffe betrifft, kaum angefangen hat vorzuarbeiten.

Zweites Buch.

Die Lehre von der Pflanzenzelle.

Erstes Capitel.

Formenlehre der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich betrachtet.

§. 14.

Nur in einer Flüssigkeit, die Zucker, Dextrin und Schleim enthält (*Cytoblastema*), können sich Zellen bilden. Es geschieht auf zweierlei Art. I. Die Schleimtheile ziehen sich zu einem mehr oder weniger rundlichen Körper, Zellenkern (*Cytoblastus*) zusammen, und verwandeln an ihrer ganzen Oberfläche einen Theil der Flüssigkeit in Gallerte, einen relativ unlöslichen Stoff; so entsteht eine geschlossene Gallertblase, in diese dringt die äussere Flüssigkeit ein und dehnt sie aus, so dass jener Schleimkörper auf einer Seite frei wird, an der andern der innern Wandung ankleben bleibt; er bildet dann eine neue Schicht an seiner freien Seite und wird so in eine Duplicatur der Wandung eingeschlossen, oder er bleibt frei und wird dann meist aufgelöst und verschwindet. Während der allmäligen Ausdehnung der Blase wird dann in der Regel die Gallerte der Wandung in Zellstoff verwandelt und die Bildung der Zelle (*Cellula*) ist vollendet. II. Der gesammte Inhalt einer Zelle theilt sich in zwei oder mehr Theile, und um jeden bildet sich sogleich eine zarte Gallertmembran, so sind mehrere Zellen fertig, die dann aber die Zelle, in der sie entstanden, von vorn herein genau ausfüllen.

Das Cytoblastem. Ueber die Flüssigkeit, in und aus der die Zellen entstehen, sind wir freilich noch lange nicht im Klaren. So viel wissen wir, dass in einigen Fällen (im Embryosack der Leguminosen) bestimmt eine Zuckerlösung, und, wie aus dem Verhalten gegen Alkohol hervorzugehen scheint, vermischt mit Gummi (Dextrin?) vorhanden ist. Nothwendig aber ist stets die Gegenwart von Schleimkörnchen, von einer stickstoffhaltigen Substanz und das erscheint auch sehr natürlich nach dem, was oben (§. 11.) über das Verhalten der assimilirten Stoffe zu einander gesagt ist.

Der Cytoblast. In allen zarteren Haaren, fast in jedem lebendig vegetirenden Zellgewebe, besonders auffallend in einigen Monokotyledonenfamilien (Orchideen, Commelineen, Asphodeleen) aber auch bei vielen Dikotyledonen (Cacteen, Balanophoreen u. s. w.), in den ganzen Blättern der Laub- und Lebermoose (besonders leicht bei *Sphagnum* zu beobachten), finden wir in jeder Zelle, an der innern Fläche der Wandung befestigt, einen kleinen, meistens planconvexen oder linsenförmigen, scharf umschriebenen Körper, der sich auffallend von allem sonstigen Zelleninhalte unterscheidet. Denselben treffen wir in allem neu entstandenen Zellgewebe an, wenn er auch später in denselben Zellen verschwindet. Er zeigt sich in verschiedener Vollkommenheit. Ganz vollkommen entwickelt ist er ein flach linsenförmiger, scharf gezeichneter, durchsichtiger nur schwachgelblicher Körper, in dem man einen oder zwei, seltner drei scharf gezeichnete deutlich hohle Körperchen, die Kernkörperchen (*nucleoli*) wahrnimmt. Am unausgebildetsten erscheint er blos als ein flaches etwas dunkler gelbes, halb granulöses Kügelchen, dem die Kernkörperchen fehlen, auch später nicht nachwachsen. Nach verschiedenen Pflanzen und Alterszuständen variirt er sehr: in der Farbe vom fast Wasserhellen, kaum Sichtbaren bis zum Dunkel-graugelb; durch Iodine sich von hellgelb bis dunkelbraun färbend; in der Consistenz vom Schleimig-granulösen bis zum Festen, Homogenen; nach der Zahl der Kernkörperchen von eins bis drei; nach der Form derselben von gänzlichem Mangel durch ein einfaches Kügelchen bis zum hohlen Kügelchen; in seiner Form vom Kugeligen zum Flachlinsenförmigen und zur eiförmigen Scheibe; in seiner absoluten Grösse von 0,00009 P. Z. bis 0,0022 P. Z. im Durchmesser; in seiner relativen Grösse von einem Verhältniss, wo er die ihn umgebende Zelle fast ganz ausfüllt bis da, wo er noch nicht den fünfhundertsten Theil der innern Fläche der Zellenwand einnimmt; und endlich hinsichtlich seiner Befestigung an der Zellenwand vom losen Ankleben zur festen Verwachsung und zum völligen Eingeschlossenseyn in eine Duplicatur der Zellenwand. Die Angaben über die Kernkörperchen ausgenommen, beziehen sich die ersten Angaben im Allgemeinen auf die jüngern Zustände des Cytoblasten.

Wo ich bis jetzt seine Entstehung vollständig beobachten konnte, im Albumen von *Chamaedorea Schiedeana, Phormium tenax*, *Colchicum autumnale, Pimelea drupacea* und vielen Papilionaceen fand ich, dass sich unter den kleinen Schleimkörnchen in der bildungsfähigen Flüssigkeit zuerst

einzelne grössere leicht kenntliche Körperchen (*nucleoli*) zeigten, dass sich um diese die andern Körnchen allmälig anhäuften, indem sie mehr oder weniger zusammenflossen und so eine dickere oder dünnere Scheibe bildeten, dass zuweilen zwei oder drei solcher Scheiben neben einander liegend sich vereinigten und endlich der Cytoblast fertig war, Alles noch ehe sich eine Zelle zeigte *). In jüngeren Zellen fand ich häufig den Cytoblasten convexer, körniger, gelber, das Kernkörperchen einfach, in älteren Zellen derselben Pflanze flacher, homogener, ungefärbter, das Kernkörperchen hohl, z. B. bei den Cacteen.

In den Kryptogamen findet sich dieser Cytoblast seltner, doch fast in allen Sporen (bei den Farnkräutern und verwandten Familien, bei den Moosen, Lebermoosen und Flechten. bei einigen Pilzen) und hin und wieder bei Algen im Zellgewebe, in den Zellen von *Spirogyra* frei in der Mitte der Zelle.

Eine chemische Analyse dieser kleinen Körperchen ist wenigstens zur Zeit noch unthunlich.

Färbung, Consistenz, Verhalten zu Jod, Alkohol, Alkalien und Säuren, zu concentrirter Salpetersäure; — die Untersuchungen von *Payen*, bestätigt durch *Mulder*, über die Proteinverbindungen in den Wurzelspitzen und dem Cambium verglichen mit der mikroskopischen Analyse dieser Theile, — alles dies beweist aber, dass der Cytoblast ein stickstoffhaltiger Körper, eine Proteinverbindung und im einfachsten Falle wahrscheinlich reines Protein ist.

Soweit reichen meine eigenen Beobachtungen, die aber in neuester Zeit von *Nägeli* (*Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik Heft 1.) bedeutend erweitert sind. Das Vorkommen des Cytoblasten betreffend, so hat er die Gegenwart in allen Familien der Kryptogamen insbesondere bei den Algen nachgewiesen, — und gezeigt wie man zumal bei den letzteren zwischen wandständigem und centralem Kern unterscheiden müsse. Der centrale Kern wird später hohl und kann sich auch durch Theilung vermehren (Beobachtungen an Fucaceen, *Anthoceros laevis*, an Farnkräutern). Ich kann aber *Nägeli* nicht beistimmen, wenn er behauptet, dass die Cytoblasten ihrer Natur nach aus einer Membran **) und einem Inhalt beständen. Ich halte dies wie ich glaube seltnere Vorkommen vielmehr für ein später entstehendes, denn bei ganz jungen freien Cytoblasten findet sich keine Spur einer Membran und es scheint auch die Entstehung der freien Cytoblasten dem zu widersprechen. Indess sind hier die Acten noch lange nicht geschlossen und die Folgezeit wird noch Vieles von unsern jetzigen Beobachtungen modificiren müssen, Vieles erweitern und aufklären.

*) Man vergleiche die Kupfertafel Fig. 1, *a*, *b*; 3; 4, *a*, *b*; 5 mit der Erklärung.

**) *Nägeli* nennt sie deshalb auch zuweilen Kernbläschen. Fehlerhaft ist bei ihm überhaupt die schwankende Terminologie, die das Verständniss sehr erschwert.

Vollständige Beobachtungen über die Zellenbildung. I. Wenn die Cytoblasten fertig gebildet sind, zeigt sich sehr bald um sie herum eine zarte, sie einschliessende Membran, die oft ausserordentlich fein und weich, oft dicker und derber ist*). Bald erhebt sich diese Membran auf der einen Fläche des Cytoblasten blasenförmig, dehnt sich allmälig weiter aus, so dass bald der Cytoblast nur einen kleinen Theil der Wandung einnimmt**). Dieser aber wächst oft noch fort und vergrössert sich ebenfalls an seinem Rande, auch bilden sich die Kernkörperchen häufig schärfer aus. Die Membran des Bläschens oder der jungen Zelle wird dabei allmälig stärker und dicker, die Zelle gewinnt eine runde, oft längliche Gestalt, zuweilen einen sehr unregelmässigen Umriss (Kupfertf. Fig. 2.), der aber später sich wieder auszugleichen pflegt.

Ueberall glaube ich hier auch im jüngsten Zustande der Zelle eine zarte Membran aus einem durch Iod nicht gefärbt werdenden Stoff unterscheiden zu können, welche den Cytoblasten vollständig von allen Seiten umschliesst; *Mohl* hat mich, wie es scheint (botan. Zeitung 1844. Nr. 15 ff.) nicht verstanden, indem er sich an einen allerdings übel von mir gewählten Ausdruck hielt, durch welchen ich in der ersten Bekanntmachung meiner Entdeckungen***) die Sache glaubte anschaulich machen zu können. Sobald sich aber diese primäre Zellenmembran nur etwas durch Ausdehnung vom Cytoblasten entfernt hat, findet man sie auf ihrer ganzen innern Fläche sehr häufig mit einem zarten Ueberzug eines halbflüssigen (gar oft in netzartig anastomosirenden Strömchen circulirenden) Schleimes bedeckt, der zuweilen granulös, zuweilen ganz homogen und wasserhell, durch Salpetersäure, Alkohol und Iod aber stets sichtbar zu machen ist, dies ist *Mohl's* Primordialschlauch. Grade an der Grenze zwischen Inhalt und Membran scheint der lebhafteste chemische Process stattzufinden und daher auch, solange die Bedingungen dazu vorhanden sind, zunächst die Bildung stickstoffhaltiger Bestandtheile. Diese mögen es dann auch seyn, die später unter veränderten Verhältnissen die neu eindringenden Stoffe in Zellstoff verwandeln und so die Zellenwand verdicken (oder neue Zellen bilden). Endlich aber werden diese Proteinverbindungen aufgelöst und zersetzt und aus der Zelle weggeführt. In älteren Zellen, besonders im ausgebildeten Holze findet man deshalb auch keine Spur mehr von ihnen, und überhaupt nur sehr geringe Mengen von stickstoffhaltigen Substanzen. Leicht begreiflich ist mir, wie *Mohl* bei der entstehenden Zelle die stickstofffreie Membran in Zweifel ziehen kann, denn ich selbst bin weit entfernt, meine Beobachtungen schon für ganz vollendet und abgeschlossen zu halten. Unbegreiflich aber ist es, wie *Unger* (*Linnaea Bd. XV. Heft II.*, 1841, *p.* 385 *ff.*) behaupten kann, der Cytoblast bilde sich erst später, wenn die Zellmembran schon lange fertig sey. Ich habe so eben noch (Juni) die

*) Vergl. Kupfertaf. Fig. 1, *c*; 4, *c*; mit der Erklärung.

**) Vergl. Kpfrtf. Fig. 1, *d*; 2; 14; 15; 16 mit der Erklärung.

***) *Müller's* Arch. 1838. S. meine Beitr. zur Botanik S. 129.

Wurzelspitzen von *Cypripedium calceolus* und *Neottidium nidus avis* und die nächstjährigen Stengeltriebe der ersten Pflanze vor mir gehabt und bin vielfach zweifelhaft gewesen, ob an der Stelle der Neubildung ausser den grossen Cytoblasten noch irgend etwas anders zu erkennen sey, glaube mich aber doch durch Anwendung von Salpetersäure und Iodine vollkommen davon überzeugt zu haben, dass in fertigen Zellen grosse Cytoblasten enthalten sind und um diese sich Zellen bilden, die noch eine Zeitlang i n der Mutterzelle zu erkennen sind, welche letztere erst später verschwindet. Dabei finde ich aber immer grosse Schwierigkeiten unter den dicht sich drängenden ganz zarten organischen Bildungen klare Bilder zu gewinnen und ich halte es für unmöglich, mit unsern jetzigen Instrumenten einen so zarten und reinen Schnitt aus einer Wurzelspitze zu machen, wie er *Unger's* Figur auf Taf. V. a. a. O. müsste zum Grunde gelegen haben, wenn derselbe ohne willkürliche Verschönerung treu nach der Natur gezeichnet wäre.

An der freigewordenen Seite des Cytoblasten scheint sich oft (z. B. bei *Fritillaria imperialis*, bei *Chamaedorea Schiedeana*) eine neue Lamelle niederzuschlagen, die am Rand, wo sie den Cytoblasten überragt, sich genau mit der ersten Zellenwand verbindet und so den Cytoblasten einschliesst; solche Cytoblasten verändern sich oft nicht mehr*). Oft wird der Cytoblast schnell nach Entstehung der Zelle resorbirt, oft bleibt er für das ganze Leben derselben persistent. Die entstandene Zelle besteht anfangs aus Gallerte und löst sich daher leicht in Wasser auf; allmälig ändert sie sich in Zellstoff um. Ganz vollständig ohne Fehlen einer Zwischenstufe glaube ich diesen Vorgang beobachtet zu haben im Albumen von *Leucojum aestivum*, *Phormium tenax*, *Colchicum autumnale*, *Chamaedorea Schiedeana*, *Pedicularis palustris*, *Momordica elaterium*, bei *Lupinus* und vielen andern Leguminosen, im Embryobläschen von *Alisma Plantago*, *Sagittaria sagittaefolia*, *Pedicularis palustris*, *Oenothera crassipes*, *Tetragonia expansa*, in den keimenden Kotyledonen von *Lupinus tomentosus*, in den vielzelligen Haaren von *Solanum tuberosum* und vielen anderen Pflanzen, in den Sporangien von *Borrera ciliaris* und in dem Sporocarpium von *Blechnum gracile*.

II. Neben der im vorigen geschilderten Zellenbildung tritt noch eine zweite auf, welche zuerst von *Nägeli* bei der Bildung der Specialmutterzellen des Pollen beobachtet und neuerdings von ihm in einem grössern Umfange bei den Algen nachgewiesen worden ist. Auch *Mohl* vermuthet etwas ähnliches bei der Bildung neuer Zellen im Cambium. Insbesondere gehören hierher a l l e die Fälle, wo bisher eine sogenannte Theilung der Zellen beobachtet wurde. Mir fehlte bis jetzt die Gelegenheit vollständige Beobachtungen darüber zu machen, nach *Nägeli* verhält sich die Sache folgendermassen. So lange eine Zelle noch inwendig mit einer vollständigen Schicht von Schleim ausgekleidet ist, kann dieser Process vorkommen. Zunächst bildet die Schleimschicht eine doppelte Scheidewand durch den Gesammtinhalt der Zelle, dadurch wird derselbe in 2 oder 4 Por-

*) Vergl. d. Kpftfl. Fig. 6; 7, *b.* mit der Erklärung.

tionen getheilt, deren jede mit einer zarten Schleimschicht umgeben ist. Indem nun die Schleimschicht fortfährt an ihrer ganzen Aussenfläche Zellstoff zu bilden, so entstehen auf einmal 2—4 eingeschlossene Säckchen, Zellen, die zusammen vollständig die Mutterzelle ausfüllen. — Auf eigne noch unerklärliche Weise scheint aber hierbei auch der Cytoblast thätig zu seyn. Diese Vermehrung der Zellen geschieht nämlich wenigstens am häufigsten in Zellen mit centralem Cytoblasten und dieser theilt sich zuerst in 2—4 Cytoblasten, die dann für die neu entstehenden Zellen wieder die Mittelpunkte werden. Nach den sorgfältigen Beobachtungen *Nägeli's* ist zunächst gegen diese ganze Zellenbildungsgeschichte nichts einzuwenden. Wie weit sie im ganzen Gebiet der Pflanzenwelt Platz greift darüber hat *Nägeli* folgende Nachweisungen gegeben. Es ist die einzige Zellenbildung bei (Diatomaceen) Nostochineen, Oscillatorineen, Batrachospermeen und Fucaceen. Sie findet mit Ausnahme der Keim- oder Sporenzellen bei allen übrigen Zellen der Conferven statt. Sie gilt blos für die Specialmutterzellen der viersporigen Pflanzen, nämlich der Florideen, Leber- und Laubmoose, Farnkräuter, Lycopodiaceen und Phanerogamen. — Bei Pilzen und Flechten, bei Ulvaceen, bei der Sporenbildung der Characeen und Equisetaceen ist die Sache noch unbekannt. Dagegen mangelt sie mit Ausnahme der Specialmutterzellen bei allen übrigen Zellen der Characeen, Equisetaceen, Florideen, Leber- und Laubmoose, Farnkräuter, Lycopodiaceen und Phanerogamen, bei denen blos die freie Zellenbildung um einen Kern vorkommt. Wahrscheinlich werden *Nägeli's* weitere Forschungen noch bedeutende Modificationen für den unter Nr. I. von mir geschilderten Process an die Hand geben. — Die Bahn habe ich gebrochen unter wenig begünstigenden Verhältnissen, glücklichere Naturen werden sie bis zum Ziele fortführen. — Insbesondere ist hier noch *Hugo Mohl* (Botanische Zeitung 1844. Sp. 273 ff.) und *Nägeli* (Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik Heft 1. S. 34—127) zu vergleichen.

Unvollständige Beobachtungen. Wo die Zellen sehr klein und zart sind, sich bald mit granulösem Inhalt füllen, wo der Theil durch seine Lage das Präpariren erschwert, was Alles bei der Entwickelung einer Blattknospe stattfindet, ist es mir bis jetzt unmöglich gewesen, den ganzen Vorgang vollständig zu verfolgen. Doch sah ich fast überall, besonders nach Anwendung von Salpetersäure, wodurch sich die Zellen von einander trennen, oftmals zwei Zellen mit ihren Cytoblasten in Einer Zelle, bei *Gasteria nitida*, *Cypripedium calceolus* in der Terminalknospe, bei der Letzteren und bei *Neottidium nidus avis* in den Wurzelspitzen zwei Cytoblasten lose in einer Zelle, daneben zwei Zellen mit Cytoblasten in einer andern Zelle eingeschlossen. Alles junge Zellgewebe der Phanerogamen ohne Ausnahme lässt den Cytoblasten erkennen. Bei der Entwickelung des Pollens zeigt sich eine mit einer trüben grumösen Flüssigkeit gefüllte Zelle, der trübe Inhalt erscheint später in vier Theile getheilt, um deren jeden sich plötzlich eine ziemlich dicke Haut zeigt. Man könnte diese vier Portionen als grosse Cytoblasten ansehen, wenn sich nicht gleichzeitig mit dem scharfen Vortreten der Haut auch ein anderer charakteristischer Cyto-

blast zeigte. Ich beobachtete aber, dass bei *Passiflora princeps* und *Cucurbita pepo* zur Zeit, wenn die dunkle Masse der Mutterzelle noch ungetheilt war, mehrere (die Zahl konnte ich nicht genau bestimmen) ganz zarte wasserhelle Zellen mit einem ganz kleinen wasserhellen Cytoblasten in jene dunkle Masse eingehüllt vorhanden sind; sollten dies nicht die Pollenzellen seyn, die allmälig von innen heraus den grumösen Stoff einsaugen, in ihrer Höhle wieder granulös niederschlagen, dabei wachsen und nun plötzlich mit dem in vier Portionen getheilten Stoff sichtbar werden; doch gestehe ich, trotz aller Mühe keine vollständigen Mittelstufen beobachtet zu haben und *Nägeli* a. a. O. glaubt einen andern Process nachgewiesen zu haben vergl. S. 201, II.; nur bei *Rhipsalis salicornioides* fand ich interessante Andeutungen, welche weiter zu verfolgen ich leider keine Gelegenheit hatte.

Folgerung aus den beobachteten Thatsachen. Bis jetzt ist keine Thatsache bekannt geworden, die sich nicht mit dem vollständig beobachteten Vorgange vereinigen liesse; dunkel und unvollständig erscheinen die Vorgänge nur da, wo die Verhältnisse überhaupt der genauen Beobachtung fast unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg legen. Bei den Kryptogamen ist es die Bildung der Sporen, der Grundlage der zukünftigen Pflanze, bei den Phanerogamen der Embryo, d. h. die junge Pflanze selbst, bei der sich der Vorgang vollständig verfolgen lässt. Beide dürfen uns gewiss am sichersten als Anhaltspunkte für analoge Schlüsse dienen; der Vorgang ist von einigen höchst charakteristischen Momenten begleitet, namentlich der Erscheinung der Cytoblasten, und überall wo Zellen offenbar neu entstanden sind, finden wir den Cytoblasten wieder; das Alles, glaube ich, berechtigt uns, jenen Vorgang der Zellenbildung vorläufig, bis uns fernere Untersuchungen eine Modification aufnöthigen, als einen allgemeinen in Anspruch zu nehmen.

Wenn man ferner die leichte Umwandlung der assimilirten Stoffe in einander betrachtet, wenn man aus den künstlich angestellten chemischen Experimenten den Schluss ziehen darf, dass die stickstoffhaltige Materie, die ich Schleim genannt und die den Cytoblasten bildet, grade die ist, die jene Umwandlungen hervorruft, wenn wir ferner bemerken, dass Zucker und Dextrin leichter auflöslich sind als Gallerte, also in Gallerte verwandelter Zucker oder Gummi, wenn nicht zugleich die Wassermenge sich vermehrt, nothwendig sich niederschlagen muss, so erscheint der ganze Process der Zellenbildung als ein einfacher chemischer Vorgang. Das Zusammenhäufen der Schleimkörnchen zu einem bestimmt geformten Cytoblasten können wir freilich bis jetzt noch so wenig erklären, als die Erscheinung, dass aus einer Mischung zweier Salzlösungen grade die eine oder die andere herauskrystallisirt, je nachdem wir einen Krystall des einen oder des andern Salzes hineinwerfen.

Analogien. In einer ausgezeichnet gründlichen und geistreichen Arbeit hat *Schwann* *) nachgewiesen, dass auch der thierische Organismus

*) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839. Die darauf

ganz aus Zellen zusammengesetzt ist und dass diese Zellen sich auf ganz gleiche Weise bilden, wie bei den Pflanzen. Wenn das Gesetz für einige Pflanzen und Thiere selbstständig gefunden ist, wie in der That der Fall, so ist allerdings diese Analogie ein wichtiger Grund, diese Bildungsweise als ein allgemeines Gesetz für beide Naturreiche auszusprechen.

In derselben Arbeit giebt *Schwann* *) eine interessant durchgeführte Vergleichung zwischen der Bildung des Krystalls und der Zelle, indem er die bei letzterer vorkommenden Verschiedenheiten aus der Natur des Stoffes herleitet, insofern derselbe bei den Zellen für Flüssigkeiten durchdringlich sey. Gewiss wird diese Ansicht noch einmal in Zukunft höchst folgenreich werden müssen, indem sie uns schon jetzt zeigt, wie die scheinbare Kluft zwischen anorganischer und organischer Form keine unüberschreitbare sey. Einen Punkt muss ich hier aber noch hervorheben, den *Schwann* übersehen und der gleichwohl noch einen entschiedenen Unterschied begründet. Beim Krystall ist die Materie desselben schon als solche gebildet in der Flüssigkeit vorhanden, und blosses Entziehen des Lösungsmittels genügt, um das Erscheinen des Stoffes in bestimmter Gestalt zu erzwingen; anders aber ist's bei der Zelle, wenigstens bei den Pflanzen. Hier ist die organisch als Zelle auskrystallisirende Substanz, um mich dieses Ausdrucks zu bedienen, gar nicht in dem Cytoblastem vorhanden, sie wird durch einen andern nothwendig gegenwärtigen Stoff erst in dem Augenblick gebildet, als sie zur Form übergeht, und die letztere scheint eben dadurch bedingt, dass die neugebildete Substanz wenigstens relativ unlöslich ist.

Um falschen Ansichten vorzubeugen, muss ich hier bemerken, dass die von *Link* **) vorgetragene Theorie der Krystallisation, nach welcher die Krystalle aus Zusammenfliessen kleiner Kügelchen entstehen sollen, auf mangelhafter Beobachtung beruht. Zuerst ist doch wohl natürlich, dass, wenn man das Entstehen der Krystalle beobachten will, man dazu nicht die Präcipitation wählt, die von den Chemikern zu der sogenannten tumultua-

folgenden Beobachtungen von *Bergmann*, *Henle*, *Kölliker*, *Reichert*, *Valentin*, *Vogel*, *Voigt* u. A. haben die Schwann'schen Ansichten vielfach modificirt, wie natürlich zu erwarten war, aber auch in der Hauptgrundlage unerschütterlich festgestellt. Die beim Thiere vorkommenden Modificationen können wir hier aber um so mehr vernachlässigen, als grade bei dem sog. vegetativen Zellgewebe des Thieres bei den Hautgebilden die Analogie mit den Pflanzen jetzt vollkommen fest steht, jene Abweichungen aber besonders bei den eigenthümlich animalischen Geweben vorkommen und wahrscheinlich grade den Unterschied zwischen Pflanzen und Thieren, die höhere Entwicklungsstufe der letzteren bezeichnen. Soweit kennen wir aber die Pflanze schon, um aussprechen zu können, dass die so eigenthümliche Bildung der Zellen- und Kernfasern (vergl. *Henle* allgem. Anatomie S. 179.) bei den Pflanzen durchaus keine Analogie findet. Dagegen gehört die Wimperbewegung grade bei dem Thiere dem mehr vegetativen Gewebe an und kann daher, als ohnehin der individuellen Zelle eigen, recht wohl auch bei den Pflanzen vorkommen.

*) a. a. O. S. 220.

**) *Poggendorff's* Annalen Bd. 46 (1839), S. 258 ff.

rischen Krystallisation gerechnet wird, sondern dass man zuerst die Beobachtung bei einfach aus concentrirten Flüssigkeiten anschiessenden Krystallen macht. Hier beobachtet man jedesmal, z. B. beim Salpeter, Platinsalmiak, am schönsten und leichtesten beim Zinksalmiak u. s. w., dass der Kernkrystall plötzlich in keinem angebbaren Zeitmoment in der ganz klaren und klar bleibenden Flüssigkeit hervorspringt und dann scheinbar stetig in fast unmerklichen Pulsen durch Ansatz von Aussen fortwächst. Lässt man dagegen unterm Mikroskop zwei Flüssigkeiten, die einen Niederschlag bilden, zusammentreten, so bemerkt man im Augenblick der Berührung das plötzliche Entstehen einer beide Flüssigkeiten trennenden Membran. Bei genauer Beobachtung erkennt man, dass diese Membran ganz aus Krystallen besteht, von denen einige gleich deutlich zu erkennen sind, andere bei stärkerer, noch andere bei den stärksten Vergrösserungen sich als Krystalle zu erkennen geben, bis endlich die kleinsten selbst bei den stärksten Vergrösserungen nur als Punkte erscheinen. Stört man die Flüssigkeiten nicht, so wachsen allmälig einige der entstandenen Krystalle an beiden Seiten in die Flüssigkeiten hinein; mischt man aber die Flüssigkeiten rasch, so löst sich ein grosser Theil der Krystalle augenblicklich wieder auf, andere wachsen stetig fort und neue Kernkrystalle entstehen plötzlich an Stellen, wo die Flüssigkeit ganz klar ist. Nach meinen vielfältigen und sorgfältigen Beobachtungen glaube ich überhaupt, dass jede unorganische Materie, wenn sie ohne Störung in den festen Zustand übergeht, augenblicklich Krystallform annimmt, die meisten der sogenannten pulverigen Niederschläge bestehen aus Krystallen und bei andern verbietet die relative Kleinheit überhaupt über ihre Form zu sprechen.

Endlich muss ich hier noch auf eine höchst interessante Analogie aufmerksam machen, die vielleicht, genauer erforscht, dermaleinst uns am sichersten über den Process der Zellenbildung aufklären wird, ich meine die geistige Gährung. Wir haben hier als gegeben eine Flüssigkeit, in der Zucker, Dextrin und eine stickstoffhaltige Materie, also Cytoblastem vorhanden ist. Bei der gehörigen Wärme, die vielleicht zur chemischen Wirksamkeit des Schleimes nöthig ist, entsteht hier, wie es scheint, ohne Einfluss einer lebenden Pflanze (?) ein Zellenbildungsprocess (die Entstehung der sogen. Gährungspilze), und vielleicht ist es nur die Vegetation dieser Zellen, welche jene eigenthümlichen Veränderungen in jener Flüssigkeit hervorruft. Ob man diese Organismen Pilze oder sonst wie nennen will, ist sehr gleichgültig, ob sie allein den Process der Gährung durch ihren Lebensprocess bedingen, allerdings noch genauer zu untersuchen, wer aber ihre Existenz und ihre Natur als vegetabilische Zellen heutzutage noch leugnet, verdient nur ein mitleidiges Achselzucken als Antwort.

Ich will hier etwas ausführlicher meine eigenen Beobachtungen über die Gährungszellen mittheilen. Ich zerrieb Johannisbeeren mit etwas Zucker, presste den Saft durch ein Tuch, verdünnte ihn mit Wasser und filtrirte ihn durch doppeltes Papier. Die Flüssigkeit war hellroth, ganz klar und durchsichtig, unterm Mikroskop zeigte sie keine Spur von Körnchen, wohl aber eine nicht unbeträchtliche Menge feiner wasserheller Oeltröpfchen. Nach

24 Stunden opalisirte die ganze Flüssigkeit und nun erschienen unterm Mikroskop eine Menge Körnchen (Fig. 9. *a*. der Kupfertafel) darin suspendirt. Am zweiten Tag hatten sich diese Körnchen sehr vermehrt und es fanden sich die Uebergangsstufen von denselben bis zu ausgebildeten Hefenzellen (Kupfertafl. Fig. 9. *a, b, c.*). Zugleich stiegen, obwohl selten, einzelne Bläschen (Kohlensäure) aus der Flüssigkeit auf. Am vierten Tag war die Gährung sehr lebhaft. Es hatte sich auf dem Boden des Glases und auf der Oberfläche der Flüssigkeit Hefe gebildet. Beiderlei Hefe war ganz gleich aus einzelnen oder aus mehreren aneinander gereihten Zellen bestehend. An den einzelnen Exemplaren konnte man die Art und Weise beobachten, wie an einer Zelle eine neue entstand (Kpftfl. Fig. 9. *d. e. f*). Die Gährungszelle lässt in diesem Zustand nicht wohl eine Zellenmembran und einen Inhalt deutlich unterscheiden. In ihrer Mitte zeigt sich ein bald grösserer bald kleinerer durchsichtiger Fleck, ob Höhle oder fester Kern, wage ich nicht zu entscheiden. Alles übrige erscheint ganz homogen gelblich wie eine stickstoffhaltige Substanz, zuweilen mit einzelnen kleinen Körnern untermengt (Kpfrtfl. Fig. 9. *d, e, f*). — Auf ähnliche Weise wurde Zuckerwasser mit *Flores sambuci* in Gährung versetzt und gab gleiche Resultate. Andere Resultate gab folgender Versuch. Reines, fast weisses Protein aus Hühnereiweiss dargestellt, völlig trocken, wurde zerrieben und mit Zuckerwasser zur Gährung angestellt. Die Flüssigkeit blieb völlig klar. Die anfangs als ganz scharfkantig unter dem Mikroskop erkennbaren Proteinsplitterchen zeigten am dritten Tag theilweise eine granulöse Oberfläche und einige waren mehr oder weniger in ganz kleine runde Körnchen zerfallen (Kpftfl. Fig. 10. *a, b.*). Diese Kügelchen zeigten lebhafte Molecularbewegung, einige erschienen zusammengereiht. Am vierten Tag fanden sich zwischen diesen Körnchen einzelne längere oder rundlichere Zellen, einzeln oder fadenförmig aneinander gereiht, mit allen Uebergängen bis zu vielfach verzweigten Zellenfäden aber von ausnehmender Feinheit kaum ⅓ des schmälsten Durchmessers der Gährungszellen zeigend (Kpftfl. Fig. 10, *c, d*). Dabei fand lebhafte Gährung statt und die Gasblasen entwickelten sich vom Protein und den Zellenfäden aus. Eigentliche Gährungszellen entwickelten sich nicht. Flüssiges Eiweiss mit Zuckerwasser vermischt und filtrirt, trübte sich am zweiten Tag und enthielt dann ganz kleine Körnchen (coagulirtes?) Eiweiss. Der fernere Verlauf war dem beim Protein beobachteten ähnlich, es bildeten sich aber einige wenige Hefenzellen. Protein mit etwas Wasser befeuchtet zeigte anfänglich dieselben Erscheinungen wie beim Zuckerwasser, dann erst trat eigentliche Fäulniss mit Infusorienbildung ein, der aber jene vegetabilische Bildung v o r a n g e g a n g e n war. — Es scheinen sich hier zwei ganz verschiedene Typen zu zeigen, jenachdem die Gährungsflüssigkeit vegetabilische Säuren und ätherische Oele enthält oder nicht. Nach den Erscheinungen, die sich bei der Bildung der eigentlichen Gährungszellen zeigen, könnte man geneigt seyn, sie den ähnlichen thierischen Zellen, welche sich unmittelbar durch Hohlwerden der Cytoblasten bilden und wozu das Kernkörperchen in seiner grössten Ausbildung schon die An-

deutung giebt, gleichzustellen. Es scheint mir aber diese Analogie unhaltbar und die erste Bildung der Gährungszellen durch obige Darstellung noch keineswegs vollständig gegeben zu seyn. Wenn man nämlich die fertigen Gährungszellen (Hefe) mit Aether, Alkohol und Spiritus oder mit Aetzkali behandelt und dann von Neuem untersucht, so findet man ganz kugelrunde zarte Zellen mit dünner aber deutlich unterscheidbarer Wandung, einem wasserhellen Inhalt mit bald mehr bald weniger ganz feinen Körnchen, welche einzeln oder gruppenweise der innern Fläche der Zellenwand ankleben und (fast?) überall ein grösseres, rundes, flaches Körperchen (Cytoblast?).

Geschichtliches und Kritisches. Vor der Erfindung und wissenschaftlichen Anwendung des Mikroskops konnte natürlich von einer genauern Kenntniss der Pflanzenzelle nicht die Rede seyn.

Der erste Entdecker des zelligen Baues der Pflanzen war *Rob. Hooke*, ein Engländer, welcher zuerst die von *Cornelius Drebbel* 1619 nach England gebrachten Mikroskope benutzte*).

Eine genauere Kenntniss von der Structur der Pflanzen erlangten wir aber erst durch *Marcello Malpighi*, Professor zu Bologna, geb. 1628, gest. 1694. Er sandte im Jahre 1670 der *Royal society* sein grosses Werk *Anatome plantarum* ein und dieses wurde 1675 und 79 in zwei Foliobänden auf Kosten der Gesellschaft herausgegeben. Durch dieses Werk erwarb er sich ein unbestreitbares Anrecht an den Namen eines Schöpfers der wissenschaftlichen Botanik. Seine Untersuchungen sind so genau, so von richtiger Methode gestützt, dass fast ein Jahrhundert verging, ehe die Wissenschaft diesem weit vorausgeeilten Manne nur nachkam. Noch jetzt giebt es sogenannte Botaniker, die von der Natur der Pflanze noch nicht einmal so viel wissen, als damals schon *Malpighi* wusste. *Malpighi* erkannte sogleich den zelligen Bau der Pflanze, er sah ein, dass jede Zelle ein für sich bestehender ringsgeschlossener Schlauch sey, den er Utriculus nannte. Ihm folgte *Nehemiah Grew*, Secretair der königlichen Societät der Wissenschaften, dessen *Anatomy of plants* 1682 in einem Foliobande in London erschien. Abgesehen davon, dass auf ihm, der *Malpighi's* Schrift als Secretair der Gesellschaft lange vor ihrer Bekanntmachung benutzen konnte, der Verdacht haften bleiben wird, dass er dem *Malpighi* bei weitem mehr verdankt, als er zugesteht, und dass er die Herausgabe und Anerkennung von *Malpighi's* Werken möglichst verhindert, steht er auch in allem Wesentlichen *Malpighi* weit nach. Er stellte zuerst die falsche Ansicht auf, dass die Wand der Zellen aus Fasern gebildet werde**). Auch deutete er durch seinen Vergleich mit Bierschaum vielleicht an, dass er die Zellen für blosse Höhlen in einer homogenen Substanz halte, welche Ansicht später von *C. Fr. Wolff****) schärfer ausgebildet wurde.

*) *Hooke, Micrographia. London,* 1667 *fol.*

**) *Grew Anatomy of plants p.* 121, *Pl.* 40, 38. *p.* 76 *etc.*

***) *Theoria generationis.* Halle, 1774, S. 7.

Diese doppelte falsche Ansicht hat sich seitdem nicht aus der Wissenschaft verloren, indem wir die letzte noch jetzt bei *Mirbel* und *Unger* finden, die erstere aber von *Meyen* wieder neu belebt ist. Beide werden hinlänglich durch die Entstehungsgeschichte der Zelle widerlegt.

Meyen *) gründet seine Ansicht hauptsächlich auf die Beobachtung, dass viele sehr zartwandige Zellen eine spiralige Streifung zeigen **); wenn er aber sagt, dass diese Zellen unzweifelhaft allein aus der primären Zellenmembran beständen, so ist das doch blosse Fiction, denn die Entwickelungsgeschichte, die allein darüber entscheiden könnte, hat *Meyen* dabei nicht zu Rathe gezogen, diese zeigt aber, dass alle jene Zellen anfänglich homogene ungestreifte Wände haben.

Mirbel ***) hat seine Ansichten über Entstehung der Zellen als blosse Höhlungen in einer homogenen, sulzigen Masse, die er Cambium nennt, wieder neuerdings ausführlich an der Wurzel von *Phoenix dactylifera* darzulegen versucht. Er ist schwerer zu widerlegen als *Meyen*, besonders wegen der mangelhaften Form seiner Mittheilung, die es Andern unmöglich macht, ihn genau zu controliren. In einem Theil giebt er eine zusammenhängende Erzählung von dem, wie er sich die Sache denkt, ohne dabei auf die Tafeln als eigentliches Ergebniss seiner Beobachtungen Rücksicht zu nehmen, und bei der Tafelerklärung lässt er vieles Vorgestellte wieder unerklärt, auch sind die Bestimmungen der Altersstufen der verschiedenen Fragmente so vage, dass nicht nachzukommen ist. Nur so viel wage ich zu entgegnen, dass zwischen der Rinde (seiner *région periphérique*) und dem äussern Theil des Holzkörpers der Wurzel (seiner *région intermédiaire*) im ganzen Leben der Wurzel, und von der äussersten Spitze bis zur Basis niemals eine solche Trennung der Continuität durch eine formlose schleimige Masse (sein *cambium globuleux*) eintritt, wie er sie abbildet, ich sehe stets continuirliches Zellgewebe. Ebenso wenig sind die Streifen, in denen sich die Bastbündel seiner *région intermédiaire* bilden, jemals mit einer solchen Substanz, sondern immer mit Zellgewebe erfüllt, welches sich auch niemals, weder im jüngsten noch im ältesten Zustande auf dem Querschnitte so stark durch die Weite der Zellen von dem umgebenden Zellgewebe absetzt, wie er es abbildet, sondern stetig durch allmälig grössere Zellen in einander übergeht, nur bei völliger Ausbildung

*) *Meyen*, Physiologie Bd. I. S. 45 ff.

**) *Meyen* hätte übrigens nicht nöthig gehabt, sich dazu eine neue Orchidee von Manilla zu holen. Jede Georginenknolle (vergl. Kpftfl. Fig. 23) zeigt diese Erscheinung in höchster Vollkommenheit, ebenso die Rinde der Luftwurzeln von *Cereus grandiflorus*, sowie viele andere Pflanzen. Auch die Haare der Mamillarien und Melocacten zeigen dasselbe, wenn man sie trocken betrachtet, die Streifung verschwindet aber beim Befeuchten; wenn sie in ein spiraliges Band zerreissen, so besteht dieses aus 20—30 parallelen Spiralfäden.

***) *Nouvelles Notes sur le Cambium, lues à l'académie des sciences, dans la séance* 29. *Avril* 1839.

unterscheidet sich der Bastbündel durch die Dicke seiner Zellenwände scharf von den benachbarten gleich weiten und stetig in die Parenchymzellen übergehenden Zellen. Vielfach hat er sich auch durch den ganz formlosen Inhalt der Zellen, der im Wasser geronnen war, täuschen lassen. Eine genauere Widerlegung fordert aber noch fernere Untersuchungen, um ihm Schritt vor Schritt folgen zu können *).

Andere Beobachtungen über die Entstehung der Pflanzenzelle sind bis

*) *Endlicher* und *Unger* (Grundzüge der Botanik S. 32 ff.) sprechen über diese allerschwierigsten Gegenstände der Pflanzenanatomie mit einer solchen Sicherheit ab, bringen für die von ihnen dictirten Gesetze auch nicht die allergeringsten Belege bei, dass es unmöglich ist, auf ihre Ansichten einzugehen. Uebrigens unterscheiden sie primäre und secundäre Zellenbildung, dann Zellenbildung aus primärem Schleim, zugleich auch Zwischenzellenbildung und primäre genannt (so dass ihr Fachwerk nicht einmal den Vorzug der logischen Consequenz hat), ferner Zellenbildung durch Theilung und Zellenbildung in anderen Zellen, welche letztere nur beim Pollen und bei den Sporen vorkommen soll.

Erst ganz kürzlich hat *Unger**) wieder Beobachtungen über das Anwachsen des Stengels publicirt, welche zum grössten Theil ihre Besprechung im zweiten Bande dieses Werks finden müssen. Er kommt aber auch bei der Gelegenheit auf die Bildung der Zellen und sagt hier: „Ich meines Theils habe mich nie zu der Ansicht bekannt, dass die Cytoblasten die Quelle neuer Zellen in der Art seyen, dass dieselben unmittelbar von ihnen in ihrer räumlichen Ausbildung ausgehen und besonders in dem gegebenen Falle würde es sehr schwer halten, die Bildung neuer Zellen in solchen Internodien zu erklären, deren Zellen meist ohne Zellenkern sind. Doch mein Hauptargument gegen diese Theorie ist das, dass man das Hervortreten der jungen Zellenbläschen aus dem Zellenkern nicht beobachtet, wenigstens dort nicht, wo Neubildungen stattfinden**), und dass man noch weniger dieselben sich zu Zellen ausdehnen sieht. Ja ich sage nicht zu viel, wenn ich behaupte, dass noch kein Pflanzenanatom diesen Vorgang vollständig, d. h. so, dass er überzeugend wäre, beobachtete. Auch ich habe zuweilen in einigen älteren Internodien der *Campelia Zannonia* Zellen bemerkt, deren Cytoblast mit einem Bläschen versehen war, allein eine weitere Ausbildung lezterer zu Zellen konnte ich nicht entdecken.“ *Unger* rühmt, dass er sich auf sein Mikroskop verlassen könne und ich glaube selbst in diesem Falle mehr darauf, als auf sein Gedächtniss und sein Beobachtungstalent. *Unger* mag noch einmal auch selbst nur meinen ersten Aufsatz über Zellenbildung in *Müller's* Archiv mit einiger Aufmerksamkeit und nicht so oberflächlich, wie es so manche andere gethan, durchlesen und er wird staunen, wie grenzenlos schief er die ganze Sache aufgefasst oder doch in den eben angeführten Worten dargestellt hat. Dass der Cytoblast einer Zelle (das ist der parietale, dem sie ihren Ursprung verdankt) sich zu einer neuen Zelle ausdehne ist weder von mir, noch, so viel ich weiss, jemals von irgend einem Pflanzenanatomen behauptet worden. Den vollständigen überzeugenden Vorgang kann *Unger* aber gar leicht mindestens im Embryosack beobachten. Sodann legt *Unger*

*) *Mohl* bot. Zeitung 1844. Spalt. 506 ff.

**) Finden die etwa im Embryosack nicht statt?

jetzt nicht bekannt geworden. Die meisten Botaniker übergehen den Punkt mit Stillschweigen, andere haben nur ein vor der Beobachtung auf jeden Fall völlig überflüssiges Raisonnement. Wie man über die Bedeutung der Zelle sprechen kann, ohne vorher ihre Bildungsgeschichte erkannt zu haben, ist freilich nicht gut einzusehen. Die Frage nach der Entstehung der Pflanzenzelle ist ohne Zweifel der einzige Eingang in ächt wissenschaftliche Pflanzenforschung. *Sprengel's* Phantasien über das Entstehen der Zellen aus Stärkemehlkörnern, ähnlich bei *Dupetit Thouars* und *Raspail*, sowie die von *Turpin* mit ebenso viel Arroganz als Unwissenheit vorgetragenen Ansichten über die Globuline (worunter er jedes in der Pflanze vorkommende Körnchen Stärke, Schleim, Farbestoff u. s. w. versteht), verdienen gar keine wissenschaftliche Beantwortung.

Schliesslich will ich nur noch bemerken, dass *Rob. Brown* *) hier wie überall

grossen Werth darauf, dass viele Zellen keinen Cytoblasten haben, in Regionen, wo doch Zellenproduction vor sich gehe. Das könnten nun recht wohl alte Zellen seyn, deren Cytoblast schon resorbirt war. Ich will aber noch specieller darauf eingehen. *Unger* behauptet auch das Fehlen des Cytoblasten in vielen Zellen der äussersten Spitze des Terminaltriebs und zeichnet diese Erscheinung a. a. O. Fig. 1. Diese Zeichnung ist nun leicht in der Art, wie sie vorliegt, als nicht naturgetreu zu erweisen. *Unger* giebt den Diameter der äussersten Zellen zu $\frac{1}{500}'''$ an, will er etwa wirklich behaupten, dass der Schnitt, der der Zeichnung als Original diente, nur $\frac{1}{500}'''$ dick war? Die Behauptung, glaube ich, wäre zu lächerlich für jeden, der weiss was Pflanzenabschnitte machen heisst. War er aber dicker, so lagen unter den gezeichneten Zellen noch andere und kein Mikroskop der Welt konnte dann die Ansicht der Schnittfläche so rein und klar darstellen als sie gezeichnet ist, oder die darunter liegenden Zellen hätten genau dieselbe Grösse und Gestalt wie die darüber liegenden haben müssen, wo in den darüber liegenden der Cytoblast fehlte, müsste er auch in der darunter liegenden gefehlt haben u. s. w. Auch das wäre wohl eine absurde Behauptung. Endlich von all den gezeichneten Cytoblasten kann auf keine Weise entschieden werden, ob sie der gezeichneten Zelle oder der darunter liegenden angehören, der Cytoblast kann an der obern oder untern Zellwand ansitzen, also oben oder unten durch den Schnitt entfernt seyn u. s. w. Kurz für jeden, der selbst diese Untersuchungen genauer durchgemacht, ist soviel klar, dass *Unger* das, was er gezeichnet, nicht so gesehen haben kann, wie er es gezeichnet, er muss mehr gesehen haben, als dargestellt ist, und eine solche Untersuchungsmethode hat bei der Entscheidung so schwieriger Fragen gar keinen Werth. Denn hat *Unger* nicht alles gezeichnet was er sah, so hat er weggelassen was ihm unwesentlich dünkte und folglich schon ein Vorurtheil über das, was wesentlich und unwesentlich sey, mit hinzu gebracht. Das letzte ist auch noch dadurch klar, dass er ausser dem Cytoblasten keinen Zelleninhalt zeichnet und auch nicht erwähnt. Ein solcher ist aber immer vorhanden und grade für die Bildung der Zellen von der allergrössten Wesentlichkeit. — Quer- und Längeschnitte und ein Blick durchs Mikroskop, und wäre es auch noch so gut, genügen heut zu Tage wahrlich nicht mehr bei phytotomischen Untersuchungen.

*) *Obseravtions on the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. Transactions of the Linnean society.* London 1833, p. 710 ff.

neue Bahnen andeutete, indem er zuerst auf den Cytoblasten, als einen sehr häufig vorkommenden Körper aufmerksam machte; nur hatte er seine Bedeutung für das Leben der Zelle noch nicht erkannt, er nannte ihn *nucleus of the cell*, Zellenkern.

§. 15.

Die frei sich selbst überlassene Pflanzenzelle bildet sich regelmässig kugelförmig aus. Ihre spätern Formen hängen höchst wahrscheinlich von ungleicher Ernährung der einzelnen Theile ihrer Wand und daraus entstehender ungleichen Ausdehnung ab. Man kann hier unterscheiden:

A) Allseitige, oder doch ziemlich allseitige Ernährung. Hierdurch entstehen kugelige oder elliptische Zellen, oder wenn sie sich durch gegenseitigen Druck abplatten, polyedrische Zellen, bei regelmässiger Anordnung dodekaedrische. Ist die allseitige Ausdehnung ungleichförmig, so entwickeln sich einzelne nach allen Seiten in Strahlen auswachsende Protuberanzen, es entstehen morgensternförmige Zellen.

B) Ernährung in den Dimensionen der Fläche. Dadurch entstehen tafelförmige Zellen, oder wenn die Ernährung in der dritten Dimension von einer Seite hinzukommt, planconvexe Zellen; wenn aber die Ernährung in einer Richtung der Fläche gegen die andere überwiegt, lange, schmale, tafelförmige Zellen, man könnte sie bandförmige nennen. Bei ungleichförmiger Ausdehnung bilden sich strahlige oder sternförmige Zellen.

C) Ernährung nur in einer Richtung, also Ausdehnung in die Länge. Hier bilden sich langgestreckte Zellen vom Cylindrischen oder Prismatischen bis zum Fadenförmigen.

Dass die ungleiche Ernährung ein Hauptgrund für die Formenverschiedenheit der Zellen ist, lässt sich wenigstens überwiegend wahrscheinlich machen; Zellen, die nicht unmittelbar mit Flüssigkeit in Berührung kommen, können nur da ernährt werden, wo sie mit andern Zellen in Berührung stehen, deshalb wächst die Zellenwand, die mit Luft in Berührung kommt, nicht weiter fort und plattet sich bei Ausdehnung der ganzen Zelle allmälig ab, so bei den Oberhautzellen auf der äussern Fläche; bei den Zellen der Scheidewände in Luftcanälen auf beiden Seiten. In den Luftcanälen finden sich in der Jugend kugelige Zellen, diese berühren sich nur an einzelnen Punkten; da nun schnell die Säfte in den Zwischenräumen der Zellen absorbirt und durch Luft ersetzt werden, so können die Zellen auch nur da ernährt werden, wo sie sich berühren; die Berührungsflächen

wachsen also zu Strahlen aus, so entstehen die sternförmigen Zellen der Scheidewände, die schwammförmigen Zellen der Luftcanäle. Es kann diese ungleichförmige Ernährung aber auch bei vollständiger Berührung der Zellen vorkommen, dann aber legen sich die auswachsenden Strahlen wechselsweise in einander, wie bei sehr vielen Epidermiszellen der Fall ist, deren Grenzen in der Fläche wellig oder zackig gebogen erscheinen.

Den entschiedensten Beweis dafür, dass die ungleiche Ernährung der Zellenmembran die Ursache der Formveränderung sey, hat kürzlich *Nägeli*)* in seinen Untersuchungen über *Caulerpa prolifera* geliefert. Ein scheinbarer kriechender Stengel nach unten wurzelnd, nach oben Blätter, an den Seiten zuweilen Aeste bildend, entsteht aus dem Wachsthum eines Körpers, der wenigstens als einzelne Zelle erscheint. Die grossen Dimensionen erlauben es hier an der Zellenmembran die ältern nicht mehr wachsenden Theile von den jüngsten noch fortwachsenden deutlich zu unterscheiden, und die Entstehung der verschiedenen Formen mit Sicherheit auf die verschiedenartige Ernährung der einzelnen Theile der Zelle zurückzuführen. Die Verschiedenheiten im Wachsthumsprocess dieser einzelnen Zelle lassen sogar Analogien zu zwischen dem morphologischen Unterschied vom Stengel und Blatt bei den höhern Pflanzen und den hier als Blatt und Stengel erscheinenden Abtheilungen der einzelnen Zelle.

Alle verschiedenen Formen der Zellen, mit Ausnahme der kugeligen, elliptischen und fadenförmigen, entstehen nur durch Verbindung mehrerer Zellen unter einander. Für sich bildet sich jede freie Zelle mit gebogenen Flächen aus, alle polyedrischen Gestalten entstehen allein durch gegenseitige Abplattung. Lägen nun lauter gleichgrosse Zellen neben einander, die gleichförmig auf einander drückten, so würden sie sich nothwendig zu Rhombendodekaedern abplatten. Das Rhombendodekaeder wäre also gleichsam das in der Wirklichkeit freilich wohl selten vorkommende Ideal der mit andern zu regulärem Zellgewebe verbundenen, nicht aber die Grundform der einzelnen Zelle. Dahin ist *Kieser**)* zu verstehen und zu berichtigen.

Geschichtliches und Kritisches. Man unterschied früher eine grosse Zahl Elementarorgane bei den Pflanzen, und obwohl von allen nachgewiesen ist, dass sie nur Zellenformen sind, so bleiben doch *Link* und *Treviranus* wenigstens bei dreien stehen, Zelle, Gefäss und Faser. Es ist mindestens höchst schwerfällig, erst zu sagen, die Pflanze hat drei Elemente, und nachher zu beweisen, alle drei sind aber nur eins und dasselbe. Die angeblich verschiedene Function rechtfertigt diese Eintheilung gar nicht, denn wir wissen von der Verschiedenheit der Function dieser drei Gebilde gradezu gar nichts, wenn wirs nicht etwa hineinlegen, und soviel

*) *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik Heft 1. S. 134—165.

**) Ueber die ursprüngliche Zellenform. *Nova Acta academ. Leopold. Carol. Nat. Cur. Tom. IX.*

ist klar, dass die Lebensthätigkeit einer Parenchymzelle, die nur ätherisches Oel in sich bildet, von der, welche nur Stärkemehl producirt, weiter verschieden seyn muss, als die poröse Gefässzelle von der ebenfalls porösen Markzelle, die beide Luft enthalten.

Anhang. Die mit einer eignen Membran versehenen Gefässe des Milchsafts sind noch nicht mit Sicherheit auf Zellen zurückgeführt. Ihr Ursprung ist dunkel, im ausgebildeten Zustande gleichen sie langgestreckten, oft verästelten Zellen, und stimmen auch mit diesen, in welche sie durch Mittelbildungen übergehen, in ihrer ferneren Entwickelung überein.

§. 16.

Bis zu einer gewissen Zeit wächst die Zellenmembran in ihrer ganzen Dicke durch Intussusception, aber oft nicht gleichförmig; einzelne Stellen werden stärker ernährt und bilden warzenförmige Hervorragungen auf der äussern oder innern Fläche.

Wie mir scheint ist bisher nicht genügend auf diesen Punkt geachtet, und er scheint gleichwohl Aufmerksamkeit zu verdienen. Es ist lange bekannt, dass gewisse Haare mit Wärzchen, die deutlich in Spirallinien stehen, besetzt sind. Meistens sind es kleine, gleichgrosse Wärzchen, wie an den Haaren der Familie der Borragineen, der Urticeen, der Malvaceen u. s. w., zuweilen aber sind es auch längere, streifenartige Erhöhungen der äussern Fläche, z. B. an den Antherenhaaren von *Lobelia cardinalis*, an den zweiarmigen Haaren auf den jungen Zweigen von *Cornus mascula etc.* Was aber das Auffallendste bleibt, ist dass gar oft diese Wärzchen eine oder zwei Höhlen in ihrem Innern zeigen und durch eine scharfe Linie von der Oberfläche des Haares abgesetzt sind, als wären es angewachsene Zellen, so z. B. an den Haaren der Wölbschuppen bei den *Anchusa*-arten (15) und andern Pflanzen. Nicht immer aber sind diese warzenförmigen Verdickungen auf der äussern Fläche der Zellenwand, oft bilden sie vielmehr Vorsprünge

15.



15. *a* Oberer Theil eines Haares am *fornix* der Blumenkrone von *Anchusa italica* mit warzenförmigen Verdickungen nach Aussen bedeckt, *b*, *c*, *d* einzelne Formen der Warzen der Länge nach durchschnitten (stärker vergrössert), *e* eine solche Warze von Oben gesehen (stärker vergrössert). — Es kommen vor: ganz dichte Warzen *d* mit einfacher Höhle *c*, *e*, mit doppelter Höhle *b*, und die einfache Höhle oft mit einer besondern Schicht ausgekleidet *c*.

16.


nach Innen, so z. B. an den sogenannten Haarwurzeln der Marchantiaceen, an den Faserzellen in *Peltigera canina* und anderen, in den spindelförmigen Zellen im Stylus von *Cereus phyllanthoides* (16.), an den Markstrahlenzellen von *Pinus sylvestris* u. a., in den Haaren der Malpighiaceen, wo sie kleine gestielte Knöpfchen bilden (*Morren*) *), in den Brennhaaren der Blätter von *Anchusa crassifolia*, wo sie als körnige Warzen erscheinen. Ueber die Entwickelungsgeschichte dieser kleinen Knötchen, die insbesondere bei den hohlen und knopfförmigen in den *Malpighia*-haaren interessante Resultate verspricht, wissen wir noch nichts.

§. 17.

In einigen seltenen Fällen (bei den Sporen einiger Conferven) bildet die Zelle auf ihrer Aussenfläche, bald die ganze Fläche bedeckend, bald nur an einer einzelnen Stelle, fadenförmige Fortsätze, die, ähnlich den Wimpern auf den Zellen der Schleimhäute bei den Thieren, eine schwingende Bewegung zeigen.

Das im Paragraphen erwähnte Phänomen ist eine der interessantesten Zugaben zur Lehre von der Pflanzenzelle; wir verdanken das was wir bis jetzt davon wissen den Bemühungen von *Unger* **) und *Thuret* ***). Ich hatte noch keine Gelegenheit, die Beobachtungen dieser Männer zu bestätigen, was bei Beiden auch als überflüssig erscheint. Folgendes ist das Ergebniss ihrer Forschungen. *Thuret* unterscheidet vier Formen; bei *Conferva rivularis* und *glomerata* (genauere Bezeichnung der Art giebt er nicht) haben die Sporen am verdünnten Ende zwei schwingende Wimpern; bei *Chaetophora elegans var. pisiformis* und einer andern Art sind 4 Wimpern vorhanden, *Prolifera rivularis* und *Pr. Candollii* von *Leon Leclerc* (ob *Oedogonium Kützing?*) haben an derselben Stelle einen ganzen Kranz von Wimpern, endlich bei *Vaucheria Ungeri Thur.* (*V. clavata* und *ovata DeC.*) ist die ganze Oberfläche der Spore mit schwingenden Wimpern besetzt. Dies letzte Factum ist zuerst von *Unger* aufgefunden. Ueber die Entstehung der Wimpern ist noch nichts bekannt, eben so wenig über die Art

*) *Morren, Obs. sur l'épaississement de la membrane végétale dans plusieurs organes de l'appareil pileux* (*Bullet. de l'acad. roy. de Bruxelles. Tom. VI. No.* 9.)

**) *Unger*, die Pflanze im Moment der Thierwerdung. Wien 1843.

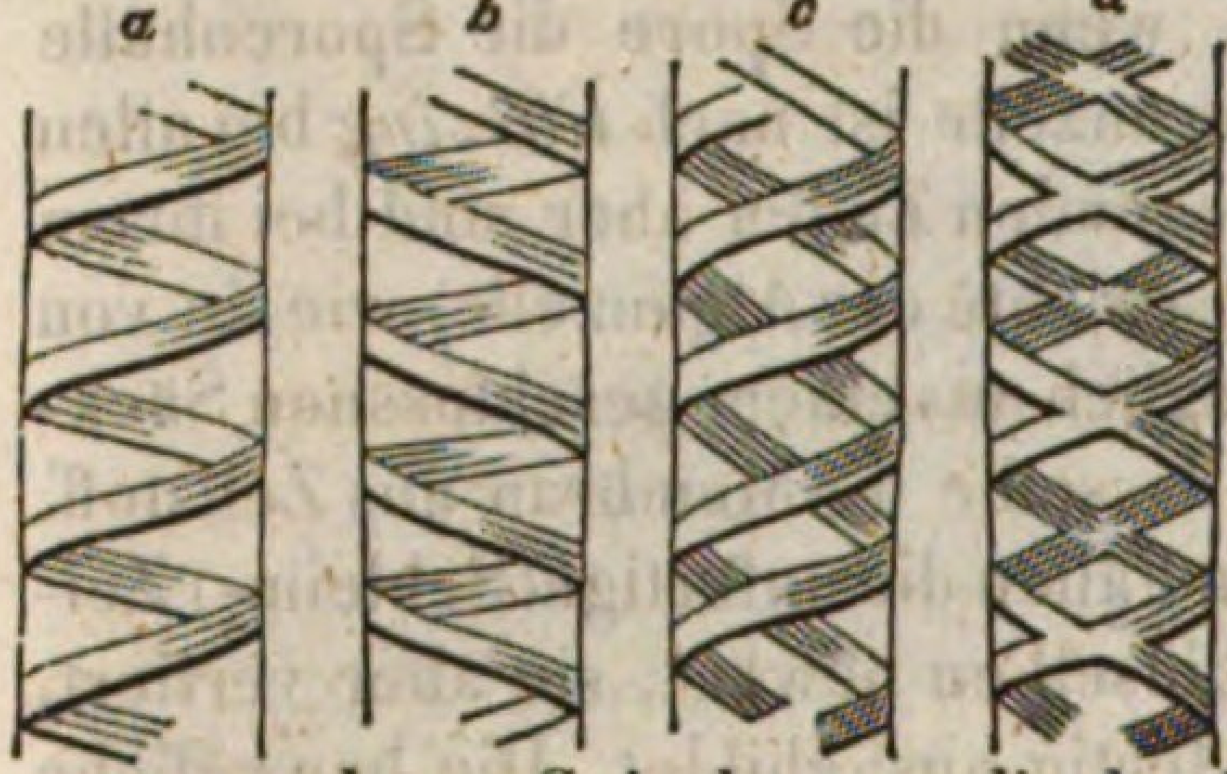
***) *Thuret, Recherches sur les organes locomoteurs des Spores des Algées.* (*Annales des sciences nat. Mai* 1843.)

16. Oberer Theil der langgestreckten bastähnlichen Zellen im Staubweg von *Cereus phyllanthoides* mit warzenförmigen, nach Innen vorspringenden Verdickungen der Zellenwandung.

ihres Verschwindens. So wie die sich bewegende Spore sich fixirt und zu keimen beginnt, sind die Wimpern plötzlich verschwunden, eben so plötzlich treten sie auf in dem Augenblicke, wenn die Spore die Sporenhülle verlässt. Die vollkommen ausgebildete Sporenzelle ist nach *Kützing* bei allen genannten Pflanzen braun, diese sich bewegenden Zellen aber sind bei ihrem Austreten noch grün. Nach der Bildungsgeschichte der Algenzelle, wie sie von *Nägeli* gegeben ist besteht dieselbe ursprünglich aus einem geschlossnen Säckchen von Schleim, erst später entsteht um dasselbe die Membran aus Zellstoff. Es scheint nun fast so als ob in den genannten Fällen die unfertige (Schleim-) Zelle austritt, Wimpern bildet und sich durch dieselben bewegt, sie aber verliert, sobald die eigentliche Zellenmembran sich fertig ausgebildet. Die bewegliche Wimpern tragende Membran würde hier also nicht Zellenmembran sondern dieselbe Schleimschicht seyn, welche in den Antheridien der Moose, Lebermoose u. s. w. zum beweglichen Spiralfaden sich umgestaltet, welche in den Zellen der Characeen, Najaden und vieler höherer Pflanzen die sich bewegenden Strömchen bildet. Auch *Nägeli* hat kürzlich die Nachweisung des Zusammenhangs der selbstständig erscheinenden Bewegung und des Stickstoffgehalts der Materie versprochen.

§. 18.

Wenn die Zelle eine bestimmte Ausdehnung erreicht hat, tritt eine wesentliche Veränderung in der Ernährungsweise der Zelle ein, indem der neu entstandene Zellstoff nicht mehr durch Intussusception die Wand verdickt, sondern als concrete Schicht auf ihre innere Fläche abgelagert wird. Diese Ablagerung ist aber keine continuirliche Membran, sondern geschieht in der Richtung einer Spirale, als einfache oder mehrfache Spiralfaser oder Spiralband. Dehnt sich die Zelle nach dem Auftreten dieser Verdickungsschicht noch mehr oder weniger aus, so werden die anfangs dicht auf einander liegenden Windungen von einander gezogen. Je weniger sich die Zelle noch ausdehnt, desto fester vereinigt sich die Faser mit der Wand. Oft verwachsen schon früh einzelne Windungen der Faser oder einzelne Stellen der Windungen unter einander. Aus allen diesen Momenten gehen sehr mannichfache Configurationen der Zellenwände hervor, die man in zwei Abtheilungen bringen kann, je nachdem die getrennten Fasern deutlich hervortreten (Faserzellen, *cellulae fibrosae*), oder die Fasern so vielfach unter einander verwachsen sind, dass man sie als eine continuirliche Membran mit grösseren oder kleineren Spalten besetzt ansehen kann (poröse Zellen, *cellulae porosae*).



Natur und Ursprung der Spirale. Eine Spirale kann rechts (17, *b*) oder links (17, *a*) gewunden seyn, d. h. wenn man mit der Spirale in die Höhe steigt, so kann die Axe derselben uns rechts *oder* links liegen, Beide Arten verhalten sich als directe Gegensätze. Nehmen wir *die* verticale Entfernung des Anfangs der einen Windung vom Anfang der nächsthöheren zu *a* an, so ist + *a* die Bezeichnung der rechts gewundenen Spirale, — a die der links gewundenen und *a* — *a* die Bezeichnung eines in sich zurücklaufenden Ringes. Die rechts gewundene Spirale kommt am häufigsten vor, aber auch die links gewundene oft genug, dass wir den ebenfalls häufig vorkommenden Ring als die Indifferenz beider betrachten dürfen *). Möglicherweise kann aber der Ring auch auf andere Weise entstanden seyn. Eine jede Spirale lässt sich vertical in zwei Hälften zerschneiden, von denen die eine dann von einem Punkte angesehen grade die entgegengesetzte Steigung zeigt als die andere. Wenn die vordere Hälfte der Windung von der Rechten zur Linken aufsteigt, so muss die hintere von der Linken zur Rechten aufsteigen. Bei zwei gleichgewundenen Spiralen werden also die vorderen und hinteren Hälften für sich parallel laufen, zugleich gesehen und auf eine Fläche projicirt aber sich kreuzen (17, *c*.). Zwei in derselben Cylinderfläche in entgegensetzter Richtung aufsteigende Spiralen werden sich aber in jedem ganzen Umlauf zweimal, einmal in der vorderen, einmal in der hinteren Hälfte durchschneiden (17, *d*.). Dieser letzte Fall ist bis jetzt niemals beobachtet worden. *Link* **), der es behauptet, wird durch seine eigne Zeichnung widerlegt, die den ersten Fall darstellt. Die sich kreuzenden Linien in der Wand der Bastzellen der Apocyneen erklärt man, glaube ich, vorläufig richtiger und consequenter aus dem Aufeinanderliegen zweier Schichten, deren Fasern in entgegengesetzter Richtung gewunden sind.

Es ist leicht, bei den grösseren Formen die Spiralfiber auf einem Querschnitte zu beobachten, und dabei zeigt sie sich völlig homogen, nur bei sehr alten Fasern bemerkt man, z. B. in *Arundo Donax*, dass sie aus einer der Wand anliegenden Faser und einer dieselbe von den drei freien Seiten bedeckenden Rinde besteht. Auch zeigt sich durch solche Querschnitte

*) Vergleiche die Aufsätze von *Mohl* und mir in Flora von 1839. Nr. 43 ff. und Nr. 21 ff.

**) *Link*, *Elem. phil. bot. Ed. II. T.* 1, *p.* 167. *d.* 497 und Taf. I. Fig. 3. a.

17. Schematisch. *a* linksgewundene Spirale, *b* rechtsgewundene Spirale, *c* zwei gleichläufig (links) gewundene Spiralen in einer Zelle, *d* zwei ungleichläufig (eine rechts, eine links) gewundene Spiralen in einer Zelle.

für den, der es nicht ohnehin mit einem guten Mikroskop sieht, ganz deutlich, dass die Spiralfaser niemals rund, sondern ein plattes dickeres oder dünneres Band ist, dessen freie nicht der Wand anliegenden Kanten vielleicht höchstens etwas abgerundet erscheinen *). Die Ansicht von einer canalförmigen oder hohlen Spiralfaser gehört zu den aus höchst mangelhaften Untersuchungen entstandenen Antiquitäten.

Ich glaube nicht, dass man das erste Entstehen der Spirale schon beobachtet hat. Mir ist sehr wahrscheinlich, dass sie viel früher vorhanden ist, als sie für unsere optischen Mittel sichtbar wird, indem sie zuerst aus einem Stoff besteht, der von der Zellenwand und dem Zelleninhalt optisch nicht verschieden ist, worauf doch allein die Erkennbarkeit eines Gegenstandes beruht. Die Spiralen erscheinen je näher ihrem Ursprunge um so durchsichtiger und schwerer zu beobachten, oft sind sie, von der Fläche gesehen, noch völlig unsichtbar, sind aber an den Rändern der Zelle schon als kleine Hervorragungen zu erkennen; hier sieht man sie nämlich in der Verkürzung, und so haben sie optisch mehr Masse. Oft wo sie noch völlig unsichtbar sind, bringt uns die Anwendung der Iodine noch ihre Spuren vor Augen. Daher mögen manche Formen nur dann auf die Spirale zurückzuführen seyn, wenn man annimmt, dass die Mittelstufen schon durchlaufen wurden, ehe das Gebilde noch sichtbar wurde. Endlich erkennt man die meisten spiraligen Bildungen erst von dem Augenblick deutlich, wenn sie anfangen Luft zu führen, weil dann erst die durch dazwischen lagernde Flüssigkeit aufgehobene optische Differenz zwischen den Spiralfasern und den Zwischenräumen hervortritt.

Ferner finde ich bei allen mit der grössten Sorgfalt angestellten Untersuchungen, bei allen spiraligen Bildungen die Windungen um so enger, je näher sie ihrem Ursprunge sind. Ich finde ferner, je näher ihrem Ursprunge, um so mehr, reine unverästelte Spiralen, endlich habe ich in einigen Fällen die abweichendsten Formen, z. B. die Ringe bestimmt auf die Spirale **) zurückführen können. Aus dem allen ziehe ich den Schluss, dass die Grundlage aller der verschiedenen Bildungen, die ich hierher rechne, einfache unverästelte und eng aufeinanderliegende Spiralfasern sind, um so mehr, als aus dieser einfachen Hypothese in Verbindung mit der ziemlich unzweifelhaften Thatsache, dass uns alle spiraligen Bildungen erst sichtbar werden, nachdem sie schon längere Zeit vorhanden und in dieser Zeit verschieden modificirt sind, sich alle Erscheinungen leicht erklären lassen. Ich muss hier aber noch bemerken, dass, wenn sich Spiralfibern in cylindrischen oben und unten abgestutzten Zellen bilden, wie in den meisten eine continuirliche Röhre darstellenden Gefässzellen, die letzte Windung oben und unten in sich selbst zurückläuft und so einen Ring bildet, der aber von den an-

*) Man vergl. die Kupfertafel Fig. 18, 19, 20 mit der Erklärung.

**) Ungeachtet *Mohl's* Einwendungen (Flora v. 1839, No. 43 u. 44) muss ich nach wiederholten Untersuchungen bei meiner früheren Ansicht (Flora v. 1839, No. 21 u. 22) bleiben.

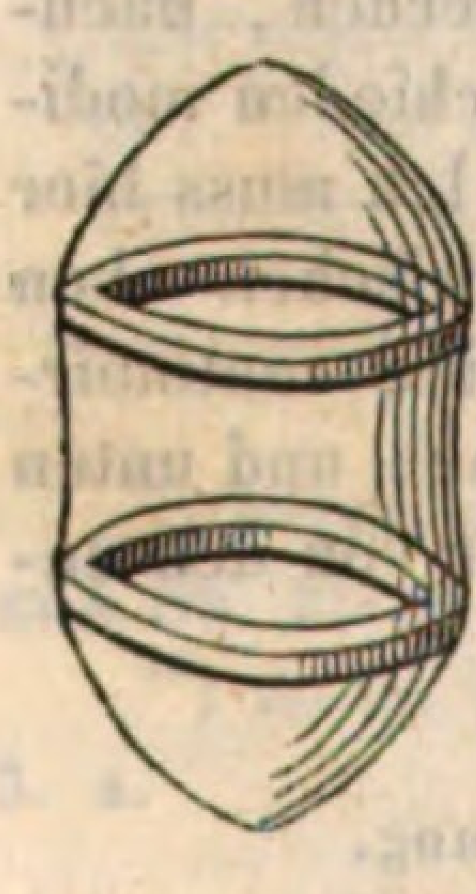
dern Ringen, die im Verlauf einer Spiralfiber entstehen, wohl unterschieden werden muss.

Aber selbst wenn man auch zugiebt, dass durch die grosse Anzahl der Fälle und die Sicherheit der Beobachtung bei den Meisten die Induction empirisch genügend gestützt ist, wenn man auch die darauf gebaute Hypothese als sehr einfach und alle Thatsachen erklärend annehmlich findet, muss man doch bemerken, dass wir hier noch weit von einer rationellen Induction entfernt sind, indem es uns hier ganz und gar an speciellen leitenden Maximen fehlt. Wir haben bis jetzt noch keine auch nur leise Andeutung darüber wie die Bildung einer Spirale mit der Natur der Pflanze oder Pflanzenzelle in Verbindung stehe, aus dieser abgeleitet werden könne. Sicheren Halt gewinnt die ganze Lehre erst dann, wenn wir auch nur in einem einzigen Falle, in einem Falle sogar, der mit der Bildung der Spiralfasern selbst gar nicht zusammenhängt, nachweisen können wie aus dem Wesen der Pflanzenzelle eine Spiralrichtung unter gewissen Bedingungen mit Nothwendigkeit folge. Könnten wir die spiralige Richtung der Circulation in den Centralschläuchen der Chara auf eine Eigenheit in der Natur der Zelle als nothwendige Folge derselben zurückführen, so würden sogleich alle spiraligen Bildungen eine ganz andere Bedeutung gewinnen. Berücksichtigen wir die eigenthümlichen braungefärbten Spiralfaden in den Zellen der Sporenfrüchte bei den Lebermoosen, die beweglichen Spiralfaden in den Antheridien der Characeen, Moose, Lebermoose und Farnkräuter, so ist es nicht unwahrscheinlich dass wir zur Zeit noch unter dem Namen Spiralfasern sehr verschiedene Dinge zusammenfassen, nämlich einmal die eigenthümliche Form der Verdickungsschichten der Zellmembran, also eine stickstofffreie Substanz (Zellstoff) und zweitens eine besondere Gestaltung des Schleims, des stickstoffhaltigen Inhalts der Pflanzenzelle.

U e b e r s i c h t d e r v e r s c h i e d e n e n F o r m e n. Man muss hierbei nothwendig ins Auge fassen, dass sich die Zelle, nachdem die Spiralfasern entstanden sind, noch oft bedeutend ausdehnt.

A) Findet diese Ausdehnung statt, so ergeben sich folgende Modificationen.

18.

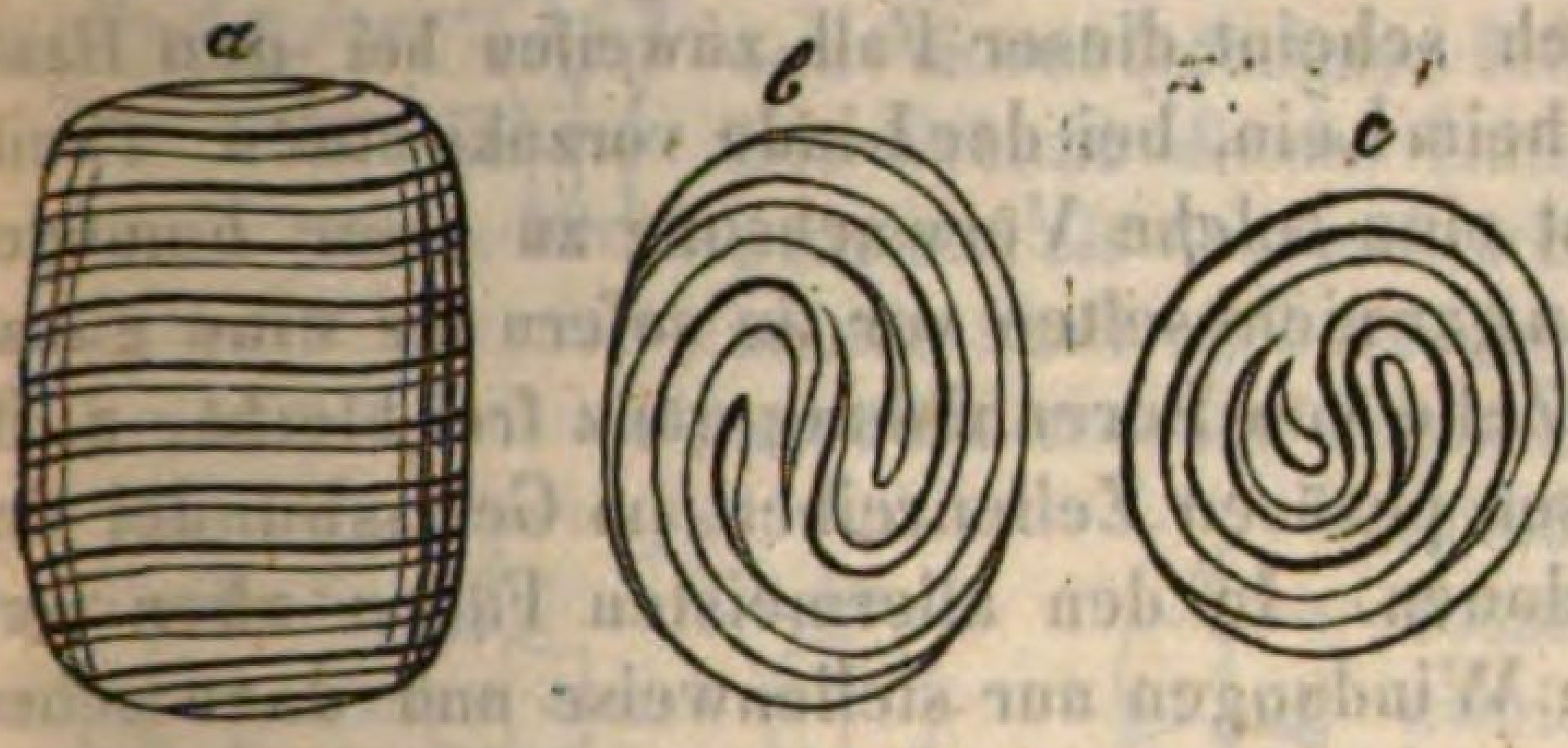


a) Wenn von einer einfachen Fiber in verschiedenen Abständen zwei ganze Windungen früh zu einem Ringe verwachsen, so können bei verhältnissmässig bedeutender Ausdehnung die freien Windungen derselben nicht mehr folgen, sie werden, alle oder zum Theil, gezerrt, zerrissen und resorbirt; und die Zelle zeigt allein, oder mit einzelnen Spiralwindungen gemischt, Ringe, die gewöhnlich mit der Zellenwand wenig oder gar nicht verwachsen sind. (Ringfaserzellen, *cellulae annuliferae.*) Dieser Vorgang lässt sich in der That in seinem ganzen Verlaufe im Stengel mehrerer Tradescantien, im Rhizom von *Equisetum arvense* und in einigen anderen Pflanzen beobachten.

18. Faserzelle mit zwei einzelnen Ringen aus *Opuntia peruviana* in der Nähe des innersten Theils der Gefässbündel.

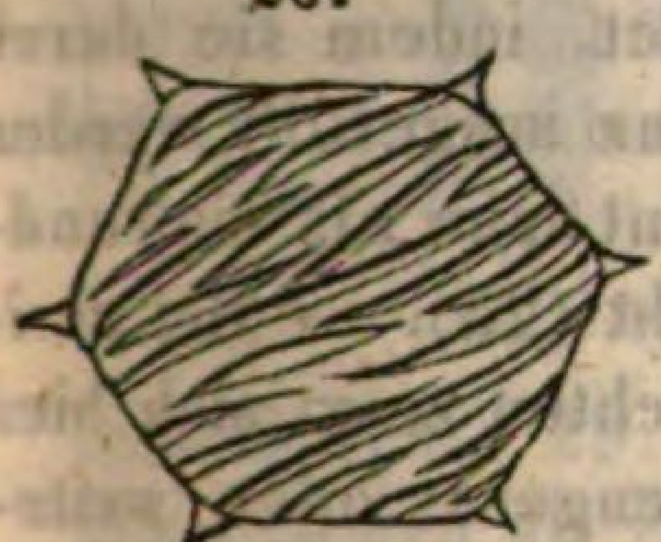
Bei vielen andern dagegen ist es mir unmöglich gewesen die erste Bildung der Ringe zu belauschen. Bei den Cacteen, in welchen so sehr grosse und breite Ringe vorkommen, hat es mir bis jetzt an Material für die Untersuchung gefehlt.

19.

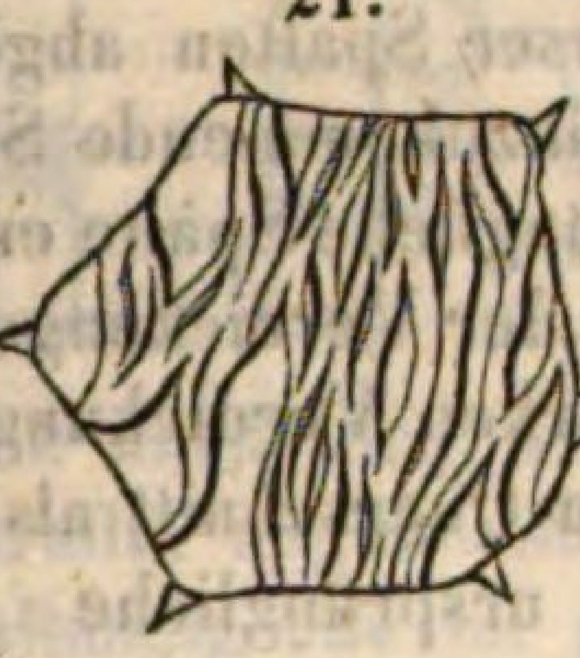


b) Wenn einfache oder mehrfache Spiralen unter sich und mit ihren Windungen nicht verwachsen und die Zelle sich noch bedeutend ausdehnt, so bleiben sie gewöhnlich frei und mit mehr oder weniger entfernten Windungen in der Zelle liegen. (Spiralfaserzellen, *cellulae spiriferae.*)

20.



21.



22.



c) Wenn mehrere Fasern unter einander auf längeren Strecken verwachsen, oder die einzelnen Windungen hin und wieder auf kürzeren Strecken sich verbinden, so werden bei bedeutender Ausdehnung der Zellen die unverwachsenen Theile der Fasern und Windungen von einander gezogen. Je mehr Verwachsungspunkte vorhanden sind, je weniger die Zelle sich noch ausdehnt, desto fester verwachsen die Fibern mit der Zellenwand, (Netzfaserzellen, *cell. retiferae*) *).

B) Wenn die Zelle sich von dem Moment, in welchem die Spiralfasern sich bilden, wenig oder gar nicht mehr ausdehnt, so verwachsen die Windungen der Spiralen gewöhnlich ganz fest mit der ursprünglichen Zellen-

*) Hierher gehören auch die sogenannten verästelten Spiralfasern der Schriftsteller.

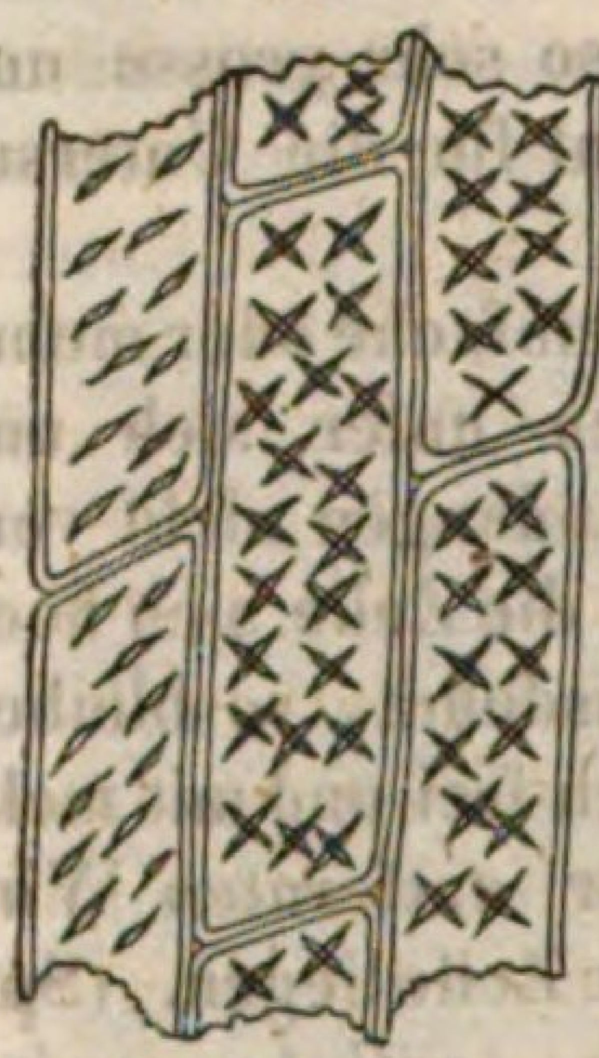
19. Faserzellen mit 1—3 reinen Spiralbändern, *a* von der Seite, *b* und *c* von Oben gesehen, wo das Ineinanderlaufen der Spiralen sehr zierliche Zeichnungen hervorruft. Diese Zellen bilden eine einfache Lage unter der Oberhaut der obern Blattfläche von *Pleurothallis ruscifolia*.

20. Faserzellen mit netzförmig verwachsenen Fasern aus reinen Spiralen entstanden, in den Blattnerven von *Gesneria latifolia*.

21. Netzförmige Faserzellen aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Maxillaria atropurpurea*.

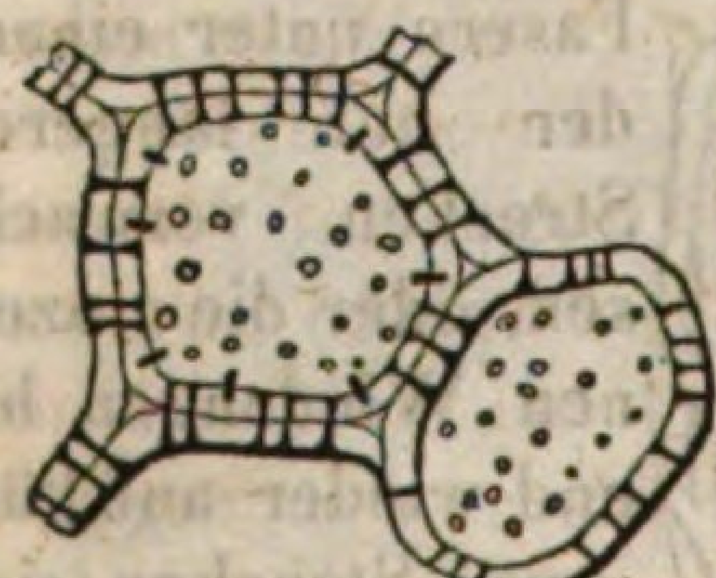
22. Netzförmige Faserzellen aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Acropera Loddigesii*. Hier sind schon ziemlich gleich grosse Spalten vorhanden und der Verlauf der Spiralfasern ist kaum noch zu erkennen.

24.

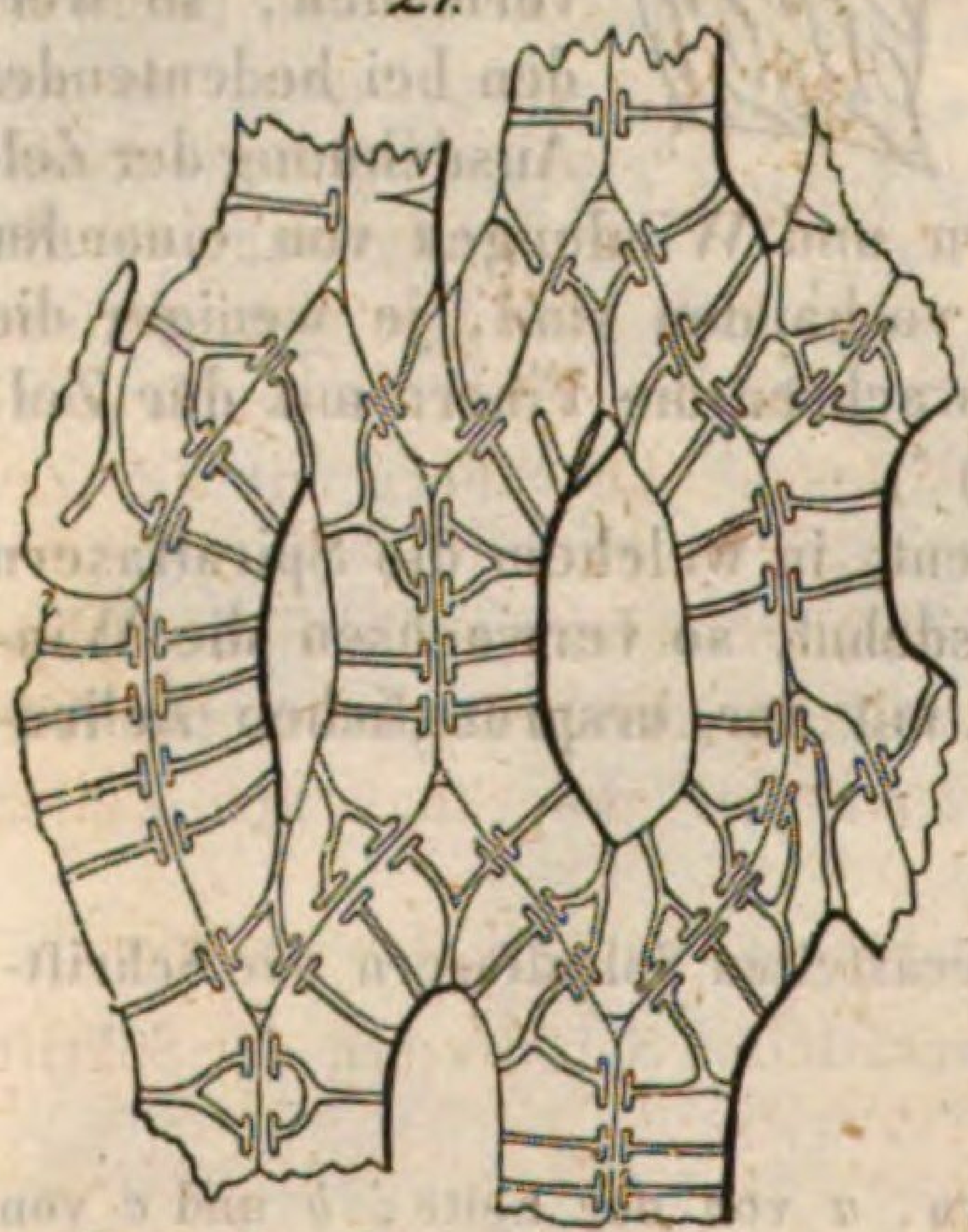


wand. Die Windungen der Spiralen finden dann unter einander zahllose Berührungspunkte und verwachsen auch hier mit einander. Selten trifft diese Verwachsung die Windungen in ihrer ganzen Länge, so dass die Verdickungsschicht als völlig homogene Membran erscheint; doch scheint dieser Fall zuweilen bei den Bastzellen z. B. beim Lein, bei der Linde vorzukommen. Theilweise kommt eine solche Verwachsung zu einer homogenen Membran gar nicht selten vor, in sofern die eine ganze Seite einer Zelle von Porenbildung ganz frei bleibt, z. B. in den grossen porösen Zellenreihen im Gefässbündel der Monokotyledonen. In den allermeisten Fällen aber verwachsen die Windungen nur stellenweise und dazwischen bleiben kleine, als schmälere oder breitere Spalten erscheinende Strecken unverwachsen (24). Gar häufig werden dann auch die Ecken dieser Spalten abgerundet, indem sie durch eine später hinzukommende Substanz ausgefüllt werden und die ursprüngliche Spalte erscheint dann als ein rundliches Loch in der Verdickungsschicht (23). — Bei einigermassen starken Verdickungsschichten zeigt sich hier dieses Loch im Querschnitt als ein engerer oder weiterer auf die ursprüngliche Zellenwand zulaufender Canal (23), welcher sich zuweilen nach aussen allmälig oder plötzlich (27) erweitert. Bei den Holzzellen der Coniferen, bei den porösen Röhren des Holzes, bei fast allen Röhren mit langen spaltenartigen Poren und sonst noch vielfach, zeigt sich von der Fläche gesehen der Porus mit einem doppelten Kreise gezeichnet, einem innern leicht als das eigentliche Loch in der Verdickungsschicht zu erkennenden und einem äussern weiteren Kreise (28). Zuweilen zeigen sich

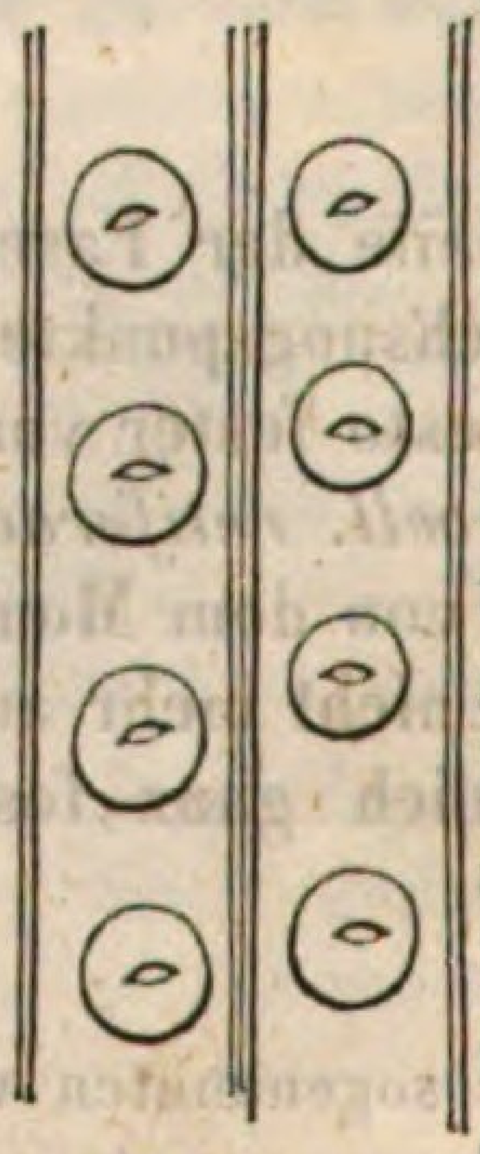
23.



27.



28.

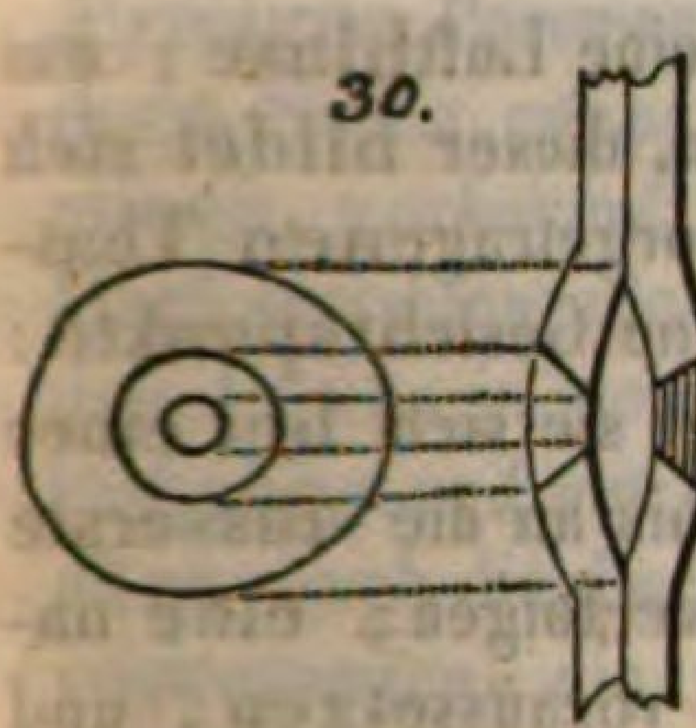


24. Poröse Zellen aus dem gestreckten Parenchym des Stengels von *Arundo donax*. Die Poren sind spaltenförmig und wo zwei Zellenwände aneinander liegen, kreuzen sich die Spalten.

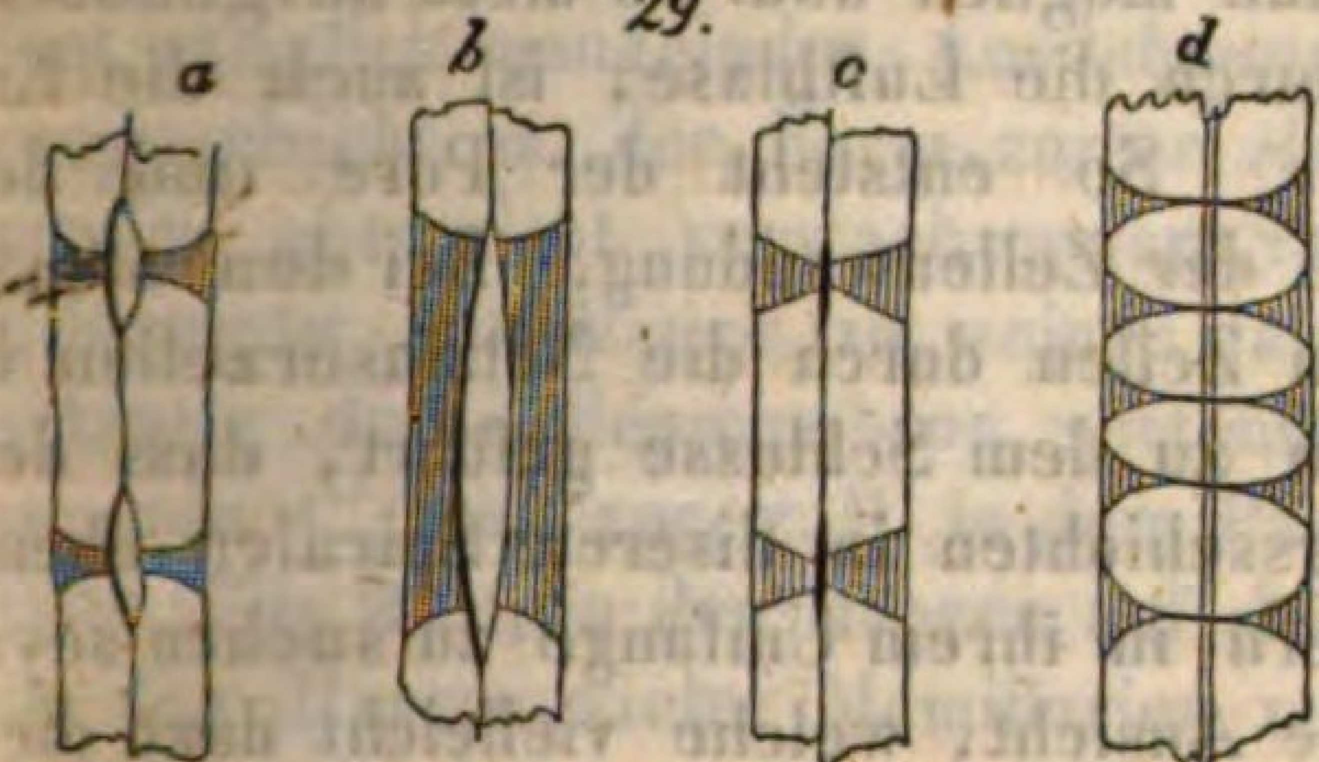
23. Poröse Zellen aus dem Blattstiel von *Hoja carnosa*, die eine Zelle ganz mit allen anliegenden Zellenwänden, die andere mitten durchschnitten.

27. Poröse Zellen aus dem Saameneiweiss einer von Drechslern jetzt häufig benutzten Nuss, sogen. Steinsaamen (*Phytelephas ?*). Zierliche, oft verästelte Porencanäle, die nach Aussen stets plötzlich flach erweitert sind, durchsetzen die Verdickungsmasse, in der man aber keine Schichten erkennt.

28. Stückchen von zwei porösen Holzzellen aus *Abies excelsa*. Spaltenförmige Poren mit einem grösseren Kreise umgeben.

30.


selbst drei Kreise. Vergleichen wir diese in der Flächenansicht mit dem Querschnitte, so erklärt sich uns leicht diese Erscheinung (36). In der Gegend des Porencanals weichen nämlich die sonst fest aneinander liegenden Zellenwände von einander und lassen einen linsenförmigen lufterfüllten Raum zwischen sich. Die Grenze dieses Luftraums erscheint von der Fläche gesehen als äusserster Kreis. Die beiden oder der eine innere Kreis gehört aber jedesmal dem Porencanal an; wie? ist aus der Figur 30. ohne weitere Erklärung verständlich.

29.


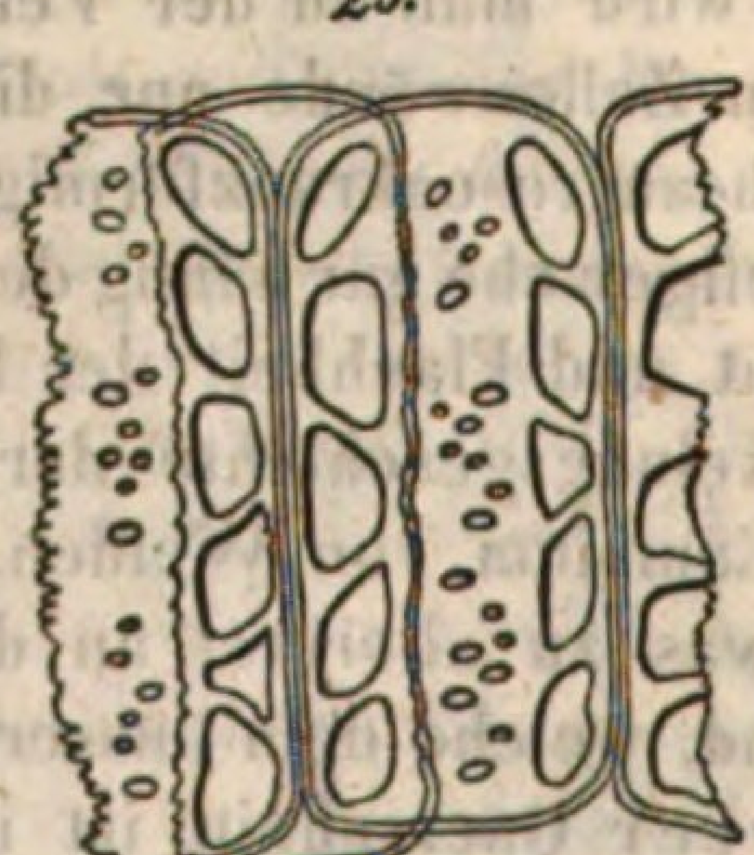
Zur Erkennbarkeit des äussern Kreises trägt aber offenbar zweierlei bei, erstens sein weiterer Abstand von den Poren (29. *a*) indem er bei einer geringeren Differenz (29. *b* oben) von der Fläche gesehen mit den Poren zusammenfällt, und zweitens die Dicke der Luftlücke zwischen der Zellenwand, denn wenn dieselbe (wie 29. *c*) sehr flach wird, so können die denselben begrenzenden Flächen als fast parallel angenommen werden, der Umfang wird also gar nicht oder nur so allmälig und im geringen Grade verdunkelt erscheinen, dass er der Beobachtung sich entzieht. Stellt man diese Fälle im Querschnitt dargestellt (29.) zusammen, so wird man zu der Vermuthung geführt, dass da, wo die querdurchschnittnen Zellenwände nur die Porencanäle erkennen lassen und durch diese gleichsam rosenkranzförmig erscheinen (29, d.), was bei gewöhnlichem porösen Zellgewebe gar häufig der Fall ist, sich die Luftlücken nur wegen ihrer Kleinheit und Flachheit der Beobachtung entziehen. Beobachten wir die Entwickelungsgeschichte der grossen und leicht erkennbaren porösen Röhren im Cambium von Weiden, Linden, Pappeln, Ahorn, so finden wir, dass das was zu allererst an denselben wahrnehmbar wird, grosse dunkle Flecken sind, welche dem äussern Kreise also der Luftlücke entsprechen; ein s c h a r f e r Querschnitt ist um diese Zeit nicht gut zu machen, aber mit dem optischen Verhalten der in organischen Substanzen eingeschlossenen Luft vertraut, erkennt man mit Si-

30. Halbschematisch. Eine einzelne vollkommen ausgebildete Pore (aus den Holzzellen von *Schubertia disticha*), von der Fläche und im Querschnitt gesehen. Die punctirten Linien deuten an, welchen Verhältnissen und Formen im Querschnitt die einzelnen concentrischen Kreise entsprechen, die man auf der Flächenansicht erblickt.

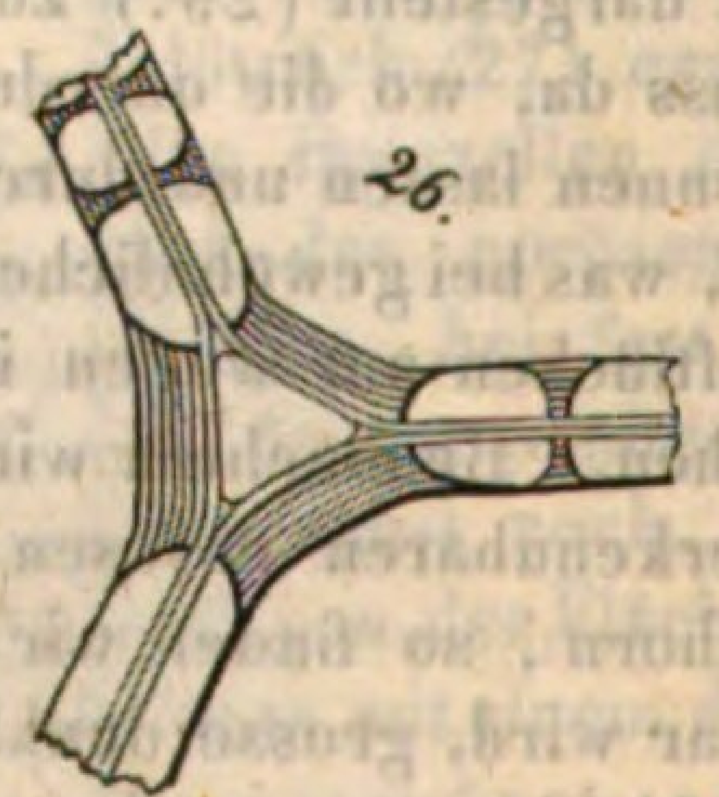
29. Halb schematisch. Erscheinungsweise der Poren im Querschnitte. *a* Poren klein im Verhältniss zu der Stelle, wo die anliegenden Zellenwände auseinander weichen. *b* Poren gross im Verhältniss zu dieser Stelle. *c* Das Auseinanderweichen der Zellenwände, so gering, dass es nur als ein (wegen der eingeschlossenen Luft) schwarzer Strich erscheint. *d* Das Auseinanderweichen ist nicht zu erkennen mit unsern Instrumenten, zwischen beiden Zellen scheint eine völlig homogene Lamelle zu verlaufen, an welcher die Porencanäle enden. — Zwei benachbarte Zellenwände erscheinen so häufig wie eine Perlenschnur.

cherheit den dunkel begrenzten, innen hellen Fleck als eine Luftblase; um diese Zeit ist von dem Poren noch keine Spur vorhanden, dieser bildet sich vielmehr erst später allmälig aus. — Nehmen wir die vorgetragenen Thatsachen zusammen, so zeigt sich aus folgenden allgemeine Gesichtspunkte: Die Luftlücke ist früher da als der Pore, deutlich zeigt sie sich bei einer grossen Anzahl poröser Gebilde, wir können sie fast bis an die äusserste Grenze der Brauchbarkeit unserer optischen Hülfsmittel verfolgen; eine natürliche Analogie lässt uns dieselbe vorläufig allgemein voraussetzen, und folglich auch ihr Auftreten vor dem Erscheinen des Poren. Nun ist aber Stoffwechsel und folglich Ernährung der Zellenmembran nur durch die Wechselwirkung zwischen zwei Zellen möglich und wo diese aufgehoben, unmöglich gemacht ist, wie hier durch die Luftblase, ist auch die Ernährung der Zellenwand unmöglich. So entsteht der Pore und der Porencanal als eine partielle Atrophie der Zellenwandung. Bei den allmäligen Uebergängen zwischen porösen Zellen durch die Netzfaserzellen in die reinen Spiralen würden wir dann zu dem Schlusse geführt, dass der Grund der Trennung der Verdickungsschichten in discrete Spiralen ebenfalls nicht in der Zelle selbst, sondern in ihrem Umfange zu suchen seyn würde. Dies ist indess nur noch eine Ansicht, welche vielleicht dazu dienen kann, bei fernern Untersuchungen und bei Erklärung der Erscheinungen zu leiten. Ich bin weit entfernt davon, sie als ein Bildungsgesetz aussprechen zu wollen. — Zwei Einwürfe treten ihr zunächst noch entgegen; der erste ist die Bildung von Poren die auf die Intercellulargänge aus-

25.



26.



münden und nicht auf die benachbarten Zellen. Sehr schön zeigt sich dies im Parenchym des Blattstyls bei *Cycas revoluta*. Hier liesse sich indess am leichtesten der Einwand beseitigen, indem der lufterfüllte Intercellulargang dieselbe Wirkung äussern könnte, wie die Luftlücke. Auch finden wir gar häufig, dass eine grössere Luftlücke einem grossen spalten-

25. Poröse Zellen aus dem Blattstiel von *Cycas revoluta* (gestrecktes Parenchym). Kleine Poren befinden sich da, wo die Zellenwände aneinander stossen, sehr grosse Poren dagegen nach den grossen Intercellulargängen hin.

26. Querschnitt eines Intercellularganges mit den drei ihn bildenden Stücken der Zellenwände. Man sieht die grossen Poren (in den Verdickungsschichten), welche auf den Intercellulargang zu laufen, im Querschnitt, ebenso die kleinen in den aneinander liegenden Zellenwänden. Die Ecken des Intercellularganges sind noch durch eine eigne Substanz abgerundet.

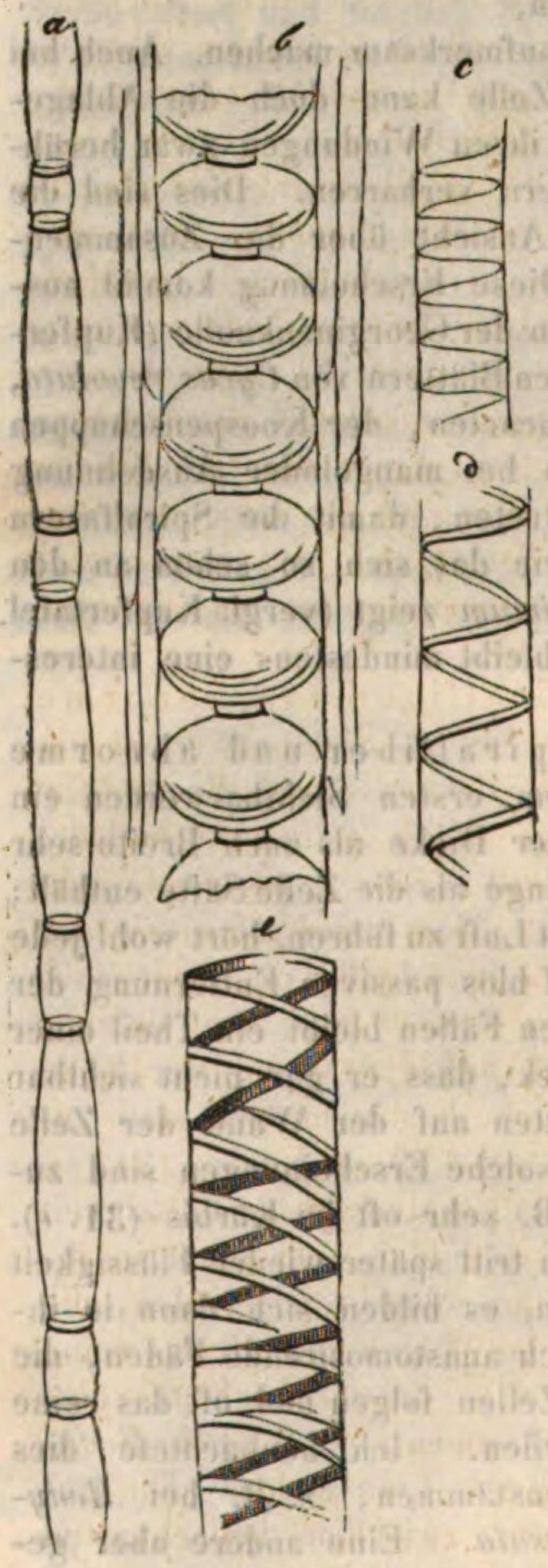
förmigen Poren auf der einen Seite, mehreren kleineren Poren auf der andern Seite entspricht, was z. B. häufig in den porösen Röhren der Balsaminen vorkommt. Auf ähnliche Weise findet sich zwischen den porösen Markstrahlenzellen, bei den *Pinus*arten gar oft eine längere Luftlücke, die den Poren in mehreren Zellen zugleich entspricht. Als anscheinend unauflösliches und mit der gegebenen Andeutung unvereinbares Räthsel bleiben aber noch die Poren stehen, welche in der Aussenwand der Oberhautzellen vorkommen, die wohl unter die vorige Kategorie fallen würden, wenn sie allgemein vorkämen, aber eben durch ihre Seltenheit (*Pinus, Cycas etc.*) zur Aufgabe für weitere Forschungen werden.

Schliesslich will ich noch auf folgendes aufmerksam machen. Auch bei fast gänzlich mangelnder Ausdehnung der Zelle kann doch die Ablagerungsschicht in der Form zarter sich mit ihren Windungen zwar berührender aber nicht verwachsender Spiralfasern verharren. Dies sind die Bildungen, die *Meyen* zu seiner falschen Ansicht über die Zusammensetzung der Zellenmembran verführten. Diese Erscheinung kommt ausserordentlich oft vor, z. B. in dem Parenchym der Georginenknolle (Kupfertafel, Fig. 23.), in den Haaren auf den jungen Blättern von *Cycas revoluta*, in den Haaren vieler Mamillarien und Melocacten, der Knospenschuppen bei *Pinus sylvestris* u. s. w. Es muss also bei mangelnder Ausdehnung der Zelle offenbar noch ein Moment hinzutreten, damit die Spiralfasern spaltenartig zu Poren auseinander treten, wie das sich so schön an den Zellen der Wurzelhülle bei *Oncidium altissimum* zeigt (vergl. Kupfertafel Fig. 24.). Dieser Factor der Erscheinung bleibt mindestens eine interessante Aufgabe fernerer Forschung.

Individuelle Ausbildung der Spiralfiber und abnorme Formen. Jede Spiralfiber ist bei ihrem ersten Sichtbarwerden ein sehr feiner Faden, und wächst sowohl in der Dicke als auch Breite sehr bedeutend nach (31. *c*, *d*). Dies dauert so lange als die Zelle Säfte enthält; sobald diese absorbirt werden und sie anfängt Luft zu führen, hört wohl jede Fortbildung der Spiralfiber auf, die nicht auf blos passiver Entfernung der Windungen von einander beruht. In einigen Fällen bleibt ein Theil einer Spiralfaser so weit in der Ausbildung zurück, dass er gar nicht sichtbar wird, die deutliche Faser scheint dann mitten auf der Wand der Zelle mit einem zugespitzten Ende aufzuhören; solche Erscheinungen sind zuweilen abgebildet worden, ich fand sie z. B. sehr oft im Kürbis (31. *e*). In seltenen wie es scheint krankhaften Fällen tritt später wieder Flüssigkeit in die schon früh mit Luft erfüllten Zellen, es bilden sich dann in ihnen neue Zellen und es entstehen wunderlich anastomosirende Fäden, die gewöhnlich den Fugen der neu gebildeten Zellen folgen und oft das reine Spiralgefäss bis zum Unkenntlichen entstellen. Ich beobachtete dies oft in alten Scitamineen oder Commelineenstämmen, z. B. bei *Hedychium Gardnerianum*, *Tradescantia crassula*. Eine andere aber gesetzmässige Bildung anastomosirender Fasern zwischen benachbarten Windungen tritt häufig schon früh ein. Wenn man die grossen netzförmigen Gefässe der Balsamine aufmerksam betrachtet, so sieht

man bald, dass sich ein Theil aller Netzfasern recht gut auf eine Spirale zurückführen lässt, diese zeigen alle eine leichte gelbliche Färbung, daneben giebt es aber andere kurze meist verticale Verbindungsäste, die sich sogleich durch ihre wasserhelle Farblosigkeit auszeichnen; verfolgt man sie, so sieht man, dass sie genau dem Verlauf der Fuge zwischen je zwei anliegenden Zellen entsprechen und gleichsam für diese Fuge eine Brücke bilden von einer Faser zur andern; diese gehören entschieden nicht der ursprünglichen Spiralbildung an. Ihr regelmässiges Auftreten bei porösen Gefässen mit langen Querspalten hat zu dem Namen der leiteroder treppenförmigen Gefässe Veranlassung gegeben. Endlich zeigen die Ringfaserzellen noch einige auffallende Erscheinungen, wohin einmal das so häufige Vorkommen ganz regelmässiger Abstände zwischen je zwei Ringen zu rechnen ist; am auffallendsten beobachtete ich dies bei *Canna occidentalis*, wo regelmässig abwechselnd mit einem kürzeren Abstand ein etwa dreimal so langer vorkam (31. *a*). Endlich beobachtete ich im Blattstiel von *Musa paradisiaca* häufig Ringgefässzellen, wo zwischen je zwei Ringen die Zelle ganz auffallend tonnenförmig angeschwollen war, so dass die Ringe selbst mit den benachbarten Zellen in gar keine Berührung kamen (31. *b*).

31.



Historisches und Kritisches. Die Spiralfibern wurden schon früh entdeckt von *Malpighi* und *Grew* oder vielleicht schon vor beiden von *Henshaw*. *Bernhardi* *) und *Moldenhauer* **) wiesen die dazu gehörige

*) Ueber Pflanzengefässe und eine neue Art derselben. Erfurt. 1805, S. 29.

**) Beiträge zur Pflanzenanatomie. Kiel 1822, S. 205.

31. *a* Ringfasergefäss aus dem Stengel von *Canna occidentalis*, mit sehr regelmässigem Abstand der Ringe. *b* Ringfasergefäss aus dem Blattstiel einer *Musa sapientum*, die Gefässzelle zwischen je 2 Ringen tonnenförmig angeschwollen. *c d* Spirale aus einem Cactus, ganz jung (eben sichtbar werdend) und völlig ausgebildet. *e* Spiralgefäss aus *Cucurbita pepo*, mit einzelnen, plötzlich spitz endenden Spiralfasern.

Zellenmembran nach. Die Ringe entdeckte *Babel* *) und *Bernhardi* **) die sie umschliessende Membran. Die porösen Zellen entdeckte wohl *Leeuwenhoek* ***), doch wurden sie erst von *Mirbel* †) allgemeiner gewürdigt; gegen ihn wurde, namentlich von Deutschland aus, ziemlich albern polemisirt, bis *Hugo Mohl* ††) seine Beobachtungen völlig bestätigte und gleich darauf †††) die dazu gehörige Zellenmembran entdeckte. Dies sind die wesentlichen Fortschritte in dieser Lehre, alle übrigen haben nur einzelne Notizen über das häufigere Vorkommen der einen oder andern Modification vorgebracht. Besonders hat *Meyen* †*) mit grossem Fleisse einen reichen Schatz einzelner Thatsachen veröffentlicht. Dass für alle diese Bildungen die Spirale die Grundlage bilde, sprach allgemein zuerst *Valentin* †**) aus. Dass *Link* †*†) noch jetzt Poren und Spalten für Stücke einer zerrissenen Spiralfaser ansieht, verdient keine Widerlegung, die jeder Blick durch ein gutes Mikroskop von selbst giebt. *Mohl* ist über die Ringgefässe sehr abweichender Meinung, er glaubt sie entständen immer oder doch oft ursprünglich. Schon oben habe ich angeführt, wie man sie als eine Spirale erklären kann, deren Steigung = 0 wird. Bis jetzt aber kann ich *Mohl's* Beobachtungen weder bestätigen noch widerlegen, und ich glaube ihm gern. Vielleicht entstehen die Ringe auf sehr verschiedene Weise. Schwer ist freilich bei früh entstandenen Bildungen der Art, also namentlich bei Ringgefässen, die Stellen zu unterscheiden, wo zwei Zellen aneinanderstossen; dass hier sich oft Ringe auf andere Weise bilden, ist schon erwähnt.

Eine ganz von der obigen abweichende Darstellung hat in neuerer Zeit *Hartig* gegeben, die kurz in folgendem besteht. „Die ursprünglichen Zellenmembranen (*Ptychoden*) benachbarter Zellen verwachsen mit einander entweder in spiraligen Linien oder in spiralig angeordneten rundlichen Fleckchen oder längeren Streifen. Dann scheidet sich zwischen den benachbarten Zellenwänden, soweit sie nicht verwachsen sind, erst Luft aus und diese wird dann durch eine Substanz ersetzt, die allmälig die Zellenwände, soweit sie nicht verwachsen sind, von einander drängt, diese Substanz nennt *H. Astathe*. Die verwachsenen Stellen bilden dann den Boden der Porencanäle oder die Zwischenräume zwischen den Spiral- und Ringfasern. Endlich bildet sich meistentheils an der Grenze wo die von zwei

*) Nach *Link, El. phil. bot. Ed. II. T.* 1, *p.* 169.

**) A. a. O. S. 27.

***) *Opera omnia II.* Taf. 462, Fig. 20.

†) *Histoire nat. des plantes etc.* 1800. *I.* S. 57 und *Traité d'anatomie et de physiol. végét. Paris*, 1802, *T.* 1, *p.* 57 *Table Fig.* 1—4.

††) Ueber den Bau der Ranken und Schlingpflanzen. Tüb., 1827.

†††) Ueber die Poren des Pflanzenzellgewebes. Tüb., 1828.

†*) Physiologie Bd. I. S. 12—117.

†**) Repertorium Bd. I. S. 88.

†*†) *Elementa phil. bot. Ed. I. Tom. p.* 177.

benachbarten Zellen abgesonderten Astathen aneinanderstehen oder wo sie die Intercellulargänge begrenzen, eine immer einfache Haut (die Eustathe) durch welche beide Zellen aneinander befestigt werden.“ So weit die Ansicht von *Hartig;* die Begründung betreffend muss ich bemerken, dass ich nur *Hartig's* Schrift, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen etc. Berlin 1843, kenne; in dieser theilt er keine wirkliche Beobachtung einer Entwicklungsgeschichte mit, noch beruft er sich auf eine vollständig anderweitig mitgetheilte Entwicklungsgeschichte. Er schliesst vielmehr aus den Beobachtungen an fertigen Gebilden und besonders aus den Erscheinungen, die sich an denselben nach Einwirkung von Iodine und Schwefelsäure zeigen, rückwärts. Das ist nun meiner Ansicht nach keine Induction sondern eine Fiction und deshalb muss ich mich vorläufig dagegen erklären. Dieser Ansicht widersprechen auch, wie mir scheint, folgende Thatsachen.

1) Dass die Spiralen zweier aneinanderliegender Zellen so häufig homodrom sind, also da wo sie aneinander liegen sich kreuzen. Entstehen nun die Zwischenräume der Spiralbänder durch Verwachsung der Ptychoden zweier benachbarter Zellen, so müssen sich kreuzende Spiralen nothwendig unterbrochen seyn, d. h. nicht aus continuirlichen Bändern oder Fasern, sondern nur aus kleinen in Spiralen stehenden Inseln bestehen, deren Zwischenräume immer grade die Breite des Zwischenraums zwischen den Windungen der benachbarten Faser zeigen. *Hartig* behauptet zwar dass dieser Einwurf ohne Bedeutung sey, offenbar weil es ihm an Klarheit der Anschauung mangelt, wie sie oft bei ihm hervortritt. So sagt er S. 10.: Worauf die spiralige Anordnung beruhe müsse der Erforschung für die Zukunft überlassen bleiben und S. 12 rühmt er, durch seine Ansicht sey, was bisher keine Theorie vermocht, die spiralige Anordnung der Poren erklärt. S. 13 hält er meine Ansicht über die allmälige Entfernung der Windungen der Spiralfaser durch Ausdehnung der Zelle „aus dem einfachen Grunde für widerlegt, weil weit und eng gewundne Spiralgefässe neben einander vorkommen, d. h. weil ein Mann und ein Kind beisammen stehen, kann das Kind nicht gross werden und der Mann nie ein Kind gewesen seyn. Eben dieses Aneinanderliegen der Spiralen mit ungleich weiten Windungen, wobei so häufig die Windungen nicht aufeinander treffen, widerlegt ebenfalls *Hartig's* Entstehungsgeschichte der Spirale.

2) Der eigenthümliche Verlauf der Verdickungsschichten bei sehr dickwandigen Zellen (z. B. Kupfertafel Fig. 21. 22.), so wie die verästelten Porencanäle lassen sich nur durch äusserst künstliche Hülfshypothesen oder gar nicht aus *H's.* Ansicht erklären, die krummen und verästelten Porencanäle müssen *H.* völlig unbekannt geblieben seyn, denn er rühmt S. 12. von seiner Ansicht auch, dass nur durch sie die bisher unerklärliche mit Verdikkung der Astathe „regelmässig und gradlinig“ vorschreitende Verlängerung des Porencanals erklärt sey.

3) Da das Verwachsen der Ptychoden zweier anliegender Zellen allein Veranlassung zur Bildung der Poren nach *H's.* Ansicht geben kann,

so widersprechen ihr durchaus die nach der freien Fläche zu verlaufenden Porencanäle der Oberhautzellen z. B. bei Pinus etc. und die auf Intercellulargänge zulaufenden wie bei Cycas.

4) Ferner glaube ich bei sehr gelungenen Schnitten von Coniferen die Sache immer so gesehen zu haben, wie sie auf der Kupfertafel Fig. 17. dargestellt ist, so dass *H's.* Eustathe keineswegs ein homogener Kitt zwischen den Astathen der benachbarten Zellen, sondern als die ursprüngliche den Porencanal verschliessende Zellenmembran erscheint; doch ist hier Täuschung nur zu leicht.

5) Endlich ist mir da, wo ich die Querschnitte der Spiralfasern am deutlichsten gesehen zu haben glaube, derselbe immer so erschienen wie auf der Kupfertafel Fig. 18. 19, 20. dargestellt ist. Auch diese Beobachtung würde der H.'schen Ansicht widersprechen.

Alle diese Gründe bestimmen mich die frühere Induction für die begründetere, die daraus abgeleitete Hypothese für die einfachere und daher annehmlichere zu halten, ohne deshalb jetzt schon leugnen zu wollen, dass sich *Hartig's* Ansicht später nicht vielleicht für einzelne Fälle begründen lassen möchte; aber zur Zeit noch ist sie blosse Fiction.

Die Nomenclatur der hierher gehörigen Formen ist dadurch, dass alle einzelnen Modificationen, wie sie gesehen wurden, mit besonderen Namen belegt sind, bis ins Ungeheure angewachsen; ich glaube, sie kann bis auf die beiden im Paragraphen erwähnten Ausdrücke völlig entbehrt werden. Ich übergehe sie hier grösstentheils. Wer die Schriften Anderer liest, findet dort auch die Erklärung ihrer Kunstwörter.

§. 19.

In der Regel bildet die Ablagerung einer neuen Schicht auf der ganzen Wand der Zelle dieselben Formen, doch kommen auch Fälle vor, wo sich an der einen Seite der Wand die Spiralfasern zu einer homogenen Membran verbinden, während sie an andern Stellen zu Poren spaltenartig auseinandertreten (hierher gehören namentlich die sogenannten porösen Gefässe des Holzes), oder dass sie in einem Theil der Zelle zu Ringen umgewandelt werden, während sie in andern Theilen spiralig, netzförmig, oder gar porös bleiben, was öfter vorkommt.

Auch auf diesen Punkt ist viel zu wenig bis jetzt Rücksicht genommen worden. Wir kennen in dieser Beziehung fast nur die letzte Modification, *Mirbel's* *) sogenannte *tubes mixtes*. Aber es gehören auch die sogenannten porösen Gefässe unserer Dikotyledonen-Holzarten hierher, die in der Weise wie man sie in den Handbüchern beschrieben findet, als von einer

*) *Traité d'anatomie et de physiol. végét. T. I. p.* 68.

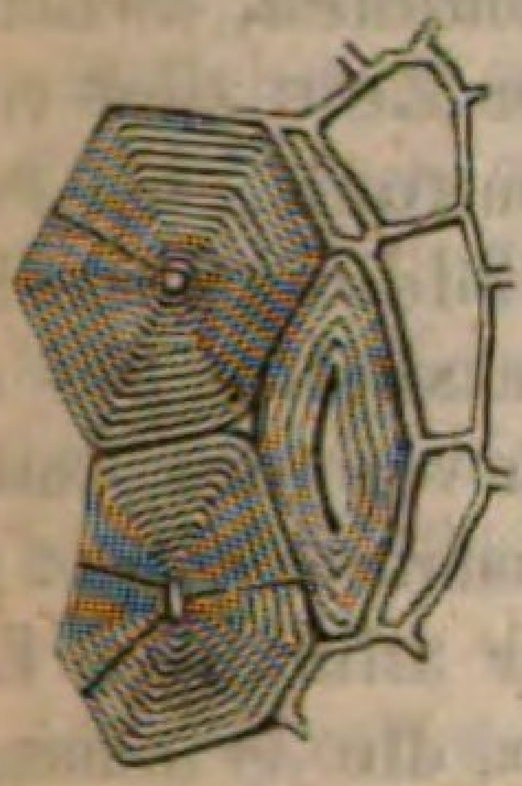
ganz porösen Membran gebildete Röhren, gar nicht existiren. Alle diese sogenannten Gefässe sind nur so weit porös, als sie sich unter einander berühren; da wo sie an die Holzzellen anstossen, sind ihre Wände oft fast ganz homogen und zeigen kaum eine Spur von Poren. Freilich musste dieser Irrthum bei der rohen Methode, die Anatomie nur mit Längs- und Querschnitten zu treiben, lange geltend bleiben, indess auch so hätte man mit Aufmerksamkeit der Sache auf die Spur kommen können, die sich sogleich klar zeigt, wenn man durch Maceration in Salpetersäure einzelne Gefässzellen isolirt. Da nämlich, wo diese Gefässe in einfachen radialen Reihen und niemals oder doch selten seitlich aneinanderliegen, sieht man auf einem tangentialen Schnitte zwar lauter poröse Wände, aber niemals oder äusserst selten auf einem radialen Längsschnitte. Ganz dasselbe findet sich auch bei den Coniferen, wo sich die Poren überwiegend häufig (nicht ausschliesslich, wie es bei flüchtiger Untersuchung scheint) nach der Seite der Markstrahlen zeigen, oder bei *Hibbertia volubilis*, wo sie umgekehrt nur nach Mark und Rinde, selten nach der Seite der Markstrahlen zu erscheinen, so dass die beiden andern Viertheile der Zellenwand in den genannten Fällen homogen sich ausbilden.

§. 20.

Der Process der schichtenweisen Ablagerung wiederholt sich öfter im Leben der Zelle. *a*) In der Regel lagert sich dann jede folgende Schicht auf die vorhergehende genau so ab, wie diese in dem Augenblick der Ablagerung ist, also Ring auf Ring, Spirale auf Spirale, poröse Schicht auf poröse Schicht. *b*) In einigen selteneren Fällen richtet sich aber die Ablagerung nach dem Zustande der Zelle, so dass, wenn sich durch Ausdehnung eine weitgewundene Faserzelle gebildet hat, nun der vollendeten Ausdehnung der Zelle gemäss eine poröse Schicht entsteht. Gewöhnlich ist auch die Richtung der Spirale in der folgenden Schicht dieselbe wie in der vorhergehenden, doch scheint es auch vorzukommen, dass sich Schichten, in denen die Spirale entgegengesetzt gewunden ist, einander folgen.

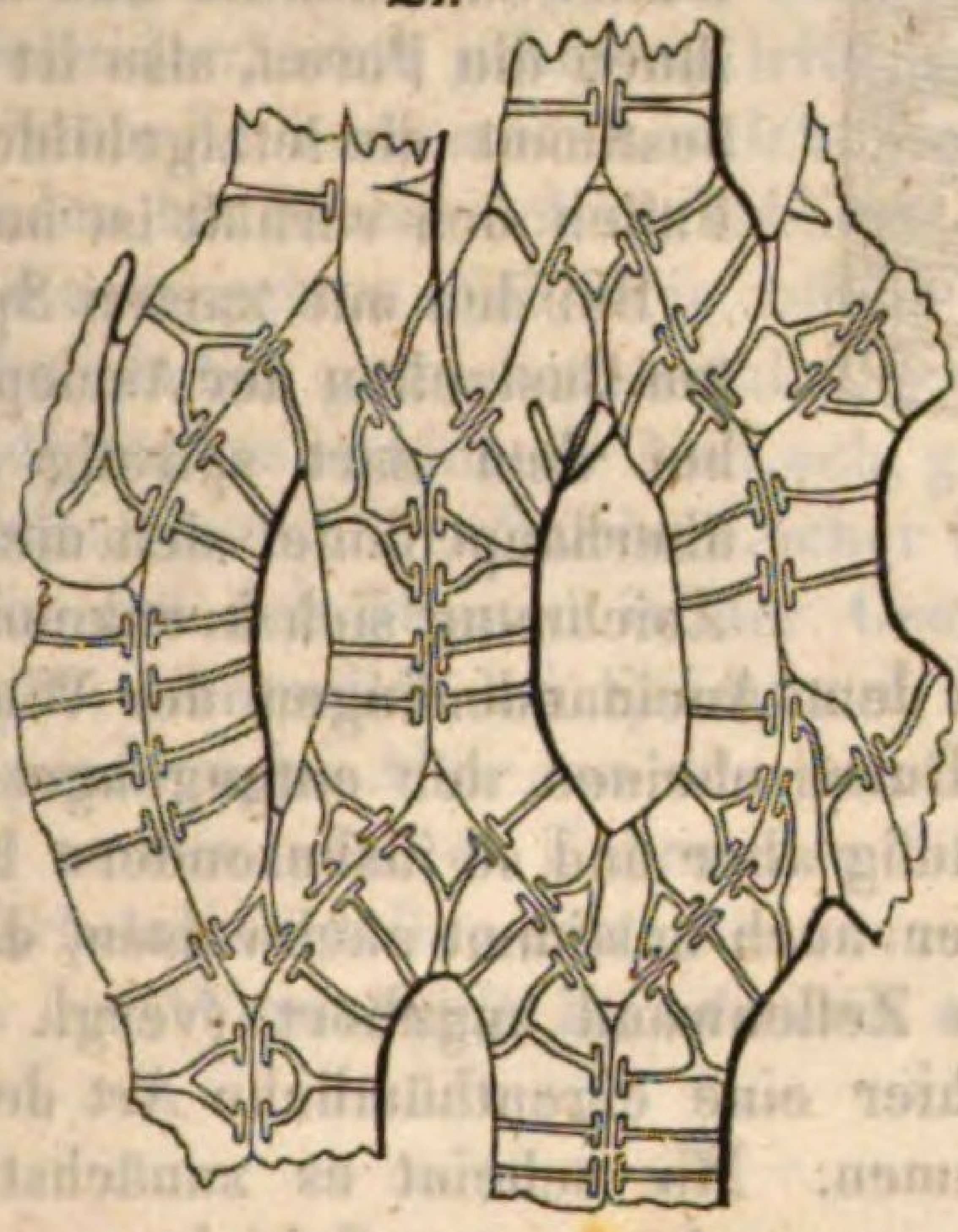
Ganz gewöhnlich ist der erste Fall, und man findet Ringe, die so sehr verdickt sind, dass sie nur ein kleines Loch in der Mitte behalten; da sie nicht gleichzeitig in der Breite zunehmen, so erscheinen sie im ausgebildeten Zustand als ziemlich dünne durchbohrte Scheiben (z. B. in den Cacteen,

59.



Opuntia cylindrica, *Melocactus*, *Mamillaria*). Besonders häufig zeigt sich dieser Vorgang bei den porösen Zellen und geht hier so weit, dass oft das Lumen der Zelle auf eine kaum noch sichtbare Röhre reducirt wird. Meistens erkennt man hier auf der Schnittfläche die einzelnen Schichten ganz deutlich, solche Zellen kommen in unzähligen Pflanzen vor. Die Poren der Verdickungsschichten werden dabei nach und nach zu Canälen (59). Häufig nähern sich auch solche Canäle allmälig einander, fliessen zuletzt in einen zusammen, von denen oft zwei oder

27.



mehrere wieder zusammentreten, so dass die innern Schichten viel weniger Poren zeigen als die äussersten (27). Man vergleiche hier die äusserst zierlichen Bildungen in den sogenannten Steinen der Winterbirnen und Quitten, in der Rinde des Blattstiels und Stengels von *Hoja carnosa*, in der des Stengels von *Fraxinus excelsior* (Kupfertafel Fig. 22.), im Fruchtknotenträger von Magnolia (Kupfertafel Fig. 21,) u. s. w. Man nennt dies mit einem eigentlich unrichtig von entgegengesetzter Anschauungsweise ausgehenden Ausdrucke, verästelte Porencanäle. *Mohl* *) hat zuerst diesen Process der schichtenweisen Verdickung der Zellenmembran entdeckt und an vielen Beispielen erläutert, und dadurch eins der wichtigsten Verhältnisse im Leben der Pflanzenzelle aufgeklärt.

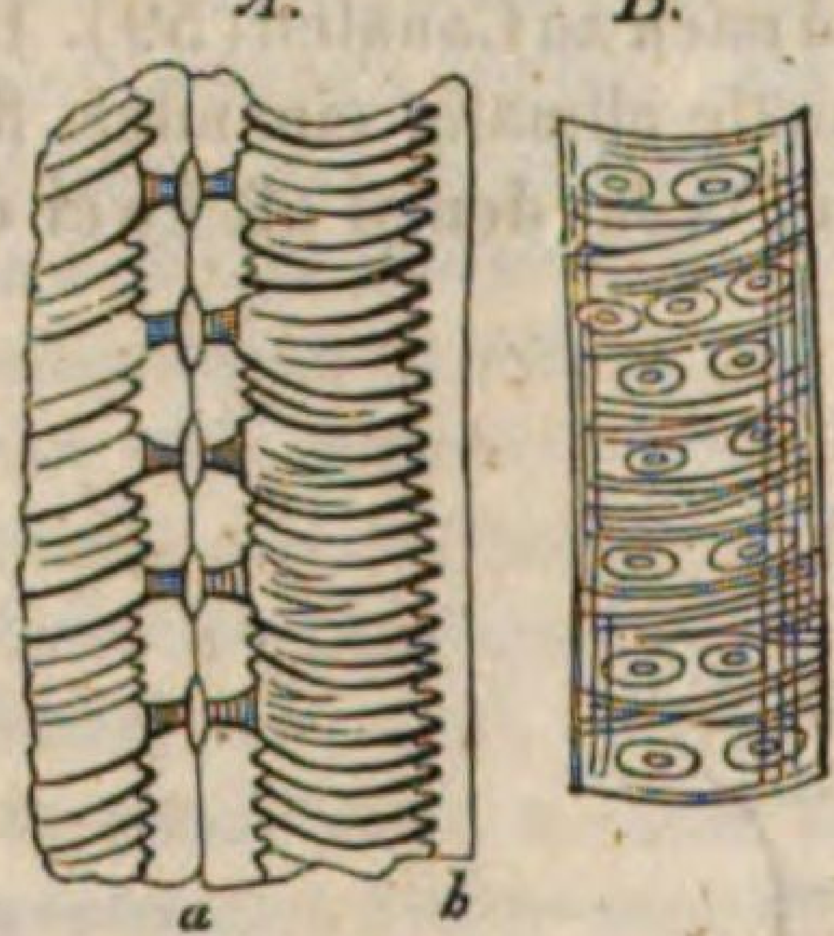
*) In seinem Buche über den Bau des Palmenstammes und anderswo. Noch neuerdings hat er seine Theorie ausführlich gegen die Hartig'schen Ansichten vertheidigt (Botanische Zeitung 1844. Stück 15—19).

59. Querschnitt dreier Bastfasern und einiger Parenchymzellen aus der *China regia*. Die Bastzellen zeigen sehr schön die schichtenweise Verdickung und die zarten Porencanäle.

27. Poröse Zellen aus dem Saameneiweiss einer von Drechslern jetzt häufig benutzten Nuss, sogen. Steinsaamen (*Phytelephas*?). Zierliche, oft verästelte Porencanäle, die nach Aussen stets plötzlich flach erweitert sind, durchsetzen die Verdickungsmasse, in der man aber keine Schichten erkennt.

Einige Bildungen der zweiten Art kannte man schon länger, z. B. aus dem Taxusholze, wo entfernte Spiralfasern und Ringe vorkommen, zwischen deren Windungen sich grosse Poren befinden. In neuerer Zeit sind viele ähnliche Bildungen entdeckt, so bei der Linde, beim Weinstock, bei *Prunus padus*, bei *Helleborus foetidus* (32) u. s. w. Ueber die Bildung derselben ist im Ganzen noch wenig bekannt. Bei der Linde findet man im Frühjahr vor der Ausbildung des Jahresringes im Cambium dicht gewundene Spiralzellen; bei der allmäligen Entwicklung dehnen diese sich aus, die Windungen treten auseinander und nun bilden sich zwischen ihnen die Poren, also ist hier die poröse Schicht bestimmt die letztgebildete. Wie es in andern Fällen sich verhält ist noch zu untersuchen.

32.



Bei den mit zarten Spiralstreifen bezeichneten Bastzellen der Asclepiadeen und Apocyneen, bei dem zart spiralig gestreiften Zellgewebe überhaupt findet sich nicht selten eine doppelte Zeichnung sich kreuzender gleich feiner Fasern. Häufig mag dies von dem Aneinanderliegen der Wände benachbarter Zellen, oder von dem Durchscheinen der entgegengesetzten Wand derselben Zelle herrühren; häufig aber und so insbesondere bei den genannten Bastzellen lässt sich aber auch bestimmt nachweisen, dass die sich kreuzende Streifung derselben Zellenwand angehört (vergl. Kupfertafel Fig. 23.). *Mohl* ist geneigt, hier eine eigenthümliche Art der Anordnung der kleinsten Theile anzunehmen. Mir scheint es zunächst einfacher zu seyn, die Uebereinanderlagerung zweier zarter Schichten vorauszusetzen, von denen die eine aus Windungen im entgegengesetzten Sinne als die andere besteht. Auch hier können nur Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte entscheiden.

§. 21.

In gar vielen Zellen werden die von den Ablagerungen frei gebliebenen Stellen der ursprünglichen Zellenwand verflüssigt und resorbirt. Es entstehen auf diese Weise wirklich Löcher in der Membran. Hierauf beruht namentlich der ganze Unterschied zwischen Zellen und sogenannten Gefässen, indem die letzteren nur Zellenreihen sind, deren Höhlungen auf diese Weise in Verbindung gesetzt werden.

32. Gefässzellen mit Poren und Fasern zugleich aus dem Holze von *Helleborus foetidus*. *A* Der Länge nach aufgeschnitten. *a* Zwei zusammenstossende Gefässzellenwände mit den durchschnittnen Poren und den Vorsprüngen, welche den Fasern entsprechen. *b* Die Wand des Gefässes, welche an Holzzellen grenzt, ohne Poren nur mit Vorsprüngen den Fasern entsprechend. *B* Eine solche Gefässzelle von Aussen gesehen.

Die Beobachtungen häufen sich täglich über solche wirkliche Löcher in der Membran und auch hier ist wohl *Hugo Mohl* der Erste, der diese wirklichen Löcher entdeckte und sie bestimmt von den Poren unterschied. Zwar kannte man schon früher die freie Communication zwischen den Gefässzellen, aber man sah sie als ursprünglich continuirliche Röhren an und hatte oft die wunderlichsten Ansichten, weil man versäumte, ihre Entwikkelungsgeschichte zu studiren. Alle Gefässe entstehen aus verticalen Reihen von völlig geschlossenen Zellen, in denen sich allmälig die verschiedenen Formen der Verdickungsschichten bilden, nach denen sie benannt werden. Erst wenn diese Verdickungsschichten ziemlich vollständig gebildet sind, wozu eben auch eigenthümliche poröse Bildungen auf den horizontalen Scheidewänden gehören, tritt der Process ein, wodurch die primäre Zellenmembran, welche die Poren auf diesen Scheidewänden bis dahin noch verschliesst, resorbirt wird, so dass dann die einzelnen Zellen in offene Communication treten; gewöhnlich bei ganz horizontalen oder nur wenig geneigten Scheidewänden ist hier nur ein Loch, gleichsam ein grosser Porus vorhanden (33.) Solche Löcher kommen ganz entschieden vor bei den Moosen in der Gruppe der Leucophaneen (*Hampe*), namentlich bei *Sphagnum*, in den Parenchymzellen der Cycadeen im Alter, an den genannten Gefässzellen, zuweilen an den porösen Zellen der Coniferen da, wo sie an die Markstrahlenzellen anstossen, an den grünwandigen Zellen in der Wurzelhülle bei *Aerides odorata* u. s. w.

33.



Zweiter Abschnitt.

Von den Zellen im Zusammenhang und den durch dieselben gebildeten Räumen.

§. 22.

Die einzelnen auf die angegebene Weise entstandenen Formen der Zellen gruppiren sich nun auf mannigfache Weise zu grösseren Massen (sogenannten Geweben, *tela*, *contextus*) zusammen, die man nach ihrer verschiedenen Zusammensetzung aus verschiedenen oder gleichen Elementartheilen nach folgender Uebersicht zusammenstellen kann.

Ich unterscheide hier nach der blossen äusseren Form und nicht nach der verschiedenen Configuration der Wände, denn die letztere ist ein all-

33. Poröse Gefässzellen aus *Arundo donax*, der Schnitt hat einen Theil der Vorderwand weggenommen und man sieht die durch das Aneinanderstossen zweier Zellen gebildete Querscheidewand von einem grossen Loch durchbrochen.

gemeiner Lebensprocess der Pflanzenzelle und kann in jeder Weise mit jeder Zellenform vereinigt vorkommen. Auch wäre es gar nicht schwer, aber eine unnütze Weitläufigkeit, fast für jede denkbare Combination Beispiele aufzuführen.

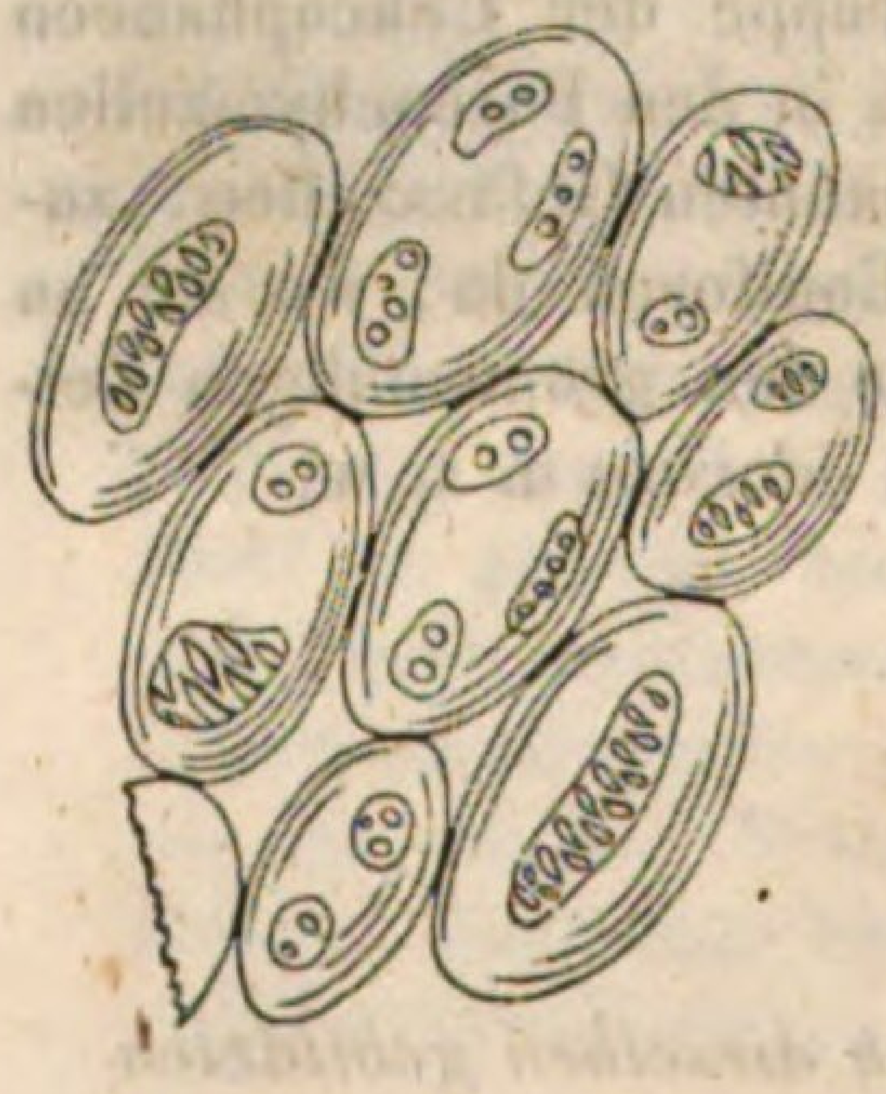
§. 23.

A. Parenchym (*Parenchyma*). Die Hauptmasse der Pflanze und ihrer Theile. Dieses ist:

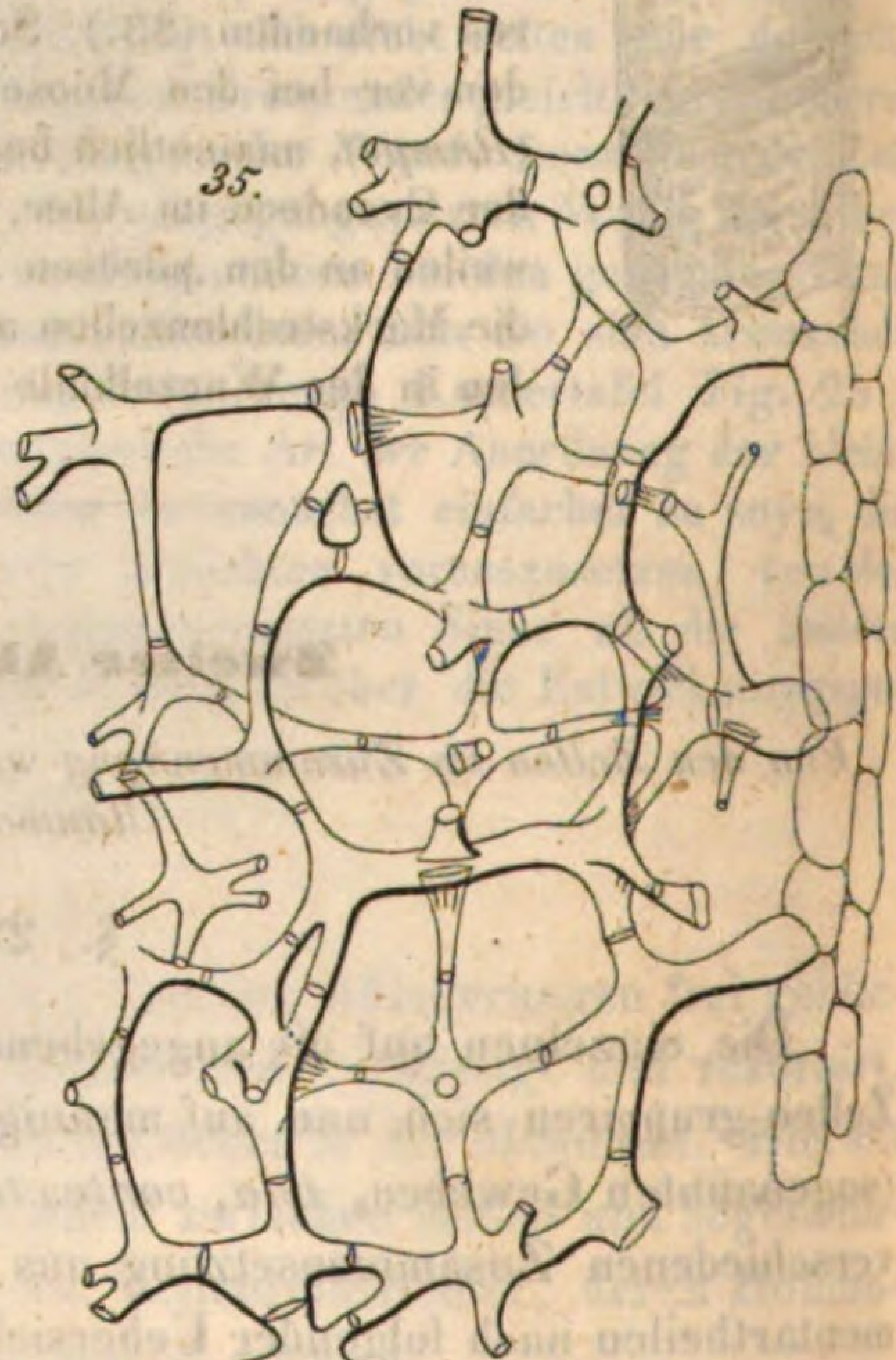
a) Unvollkommenes Parenchym (*P. incompletum*), wenn die Berührung der einzelnen Zellen untereinander höchst unvollständig ist. Man unterscheidet:

1) Rundliches Parenchym (*P. sphaericum*, *s. ellipticum*), aus rundlichen oder elliptischen (34) Zellen bestehend, bei saftigen Pflanzen vorherrschend.

34.



35.



2) Schwammförmiges Parenchym (*P. spongiaeforme*), Zellen, die nach allen Seiten, aber ungleichförmig ausgedehnt sind und sich dann nur mit den Enden der Strahlen berühren (35); als Füllmasse in den Lufthöhlen und fast

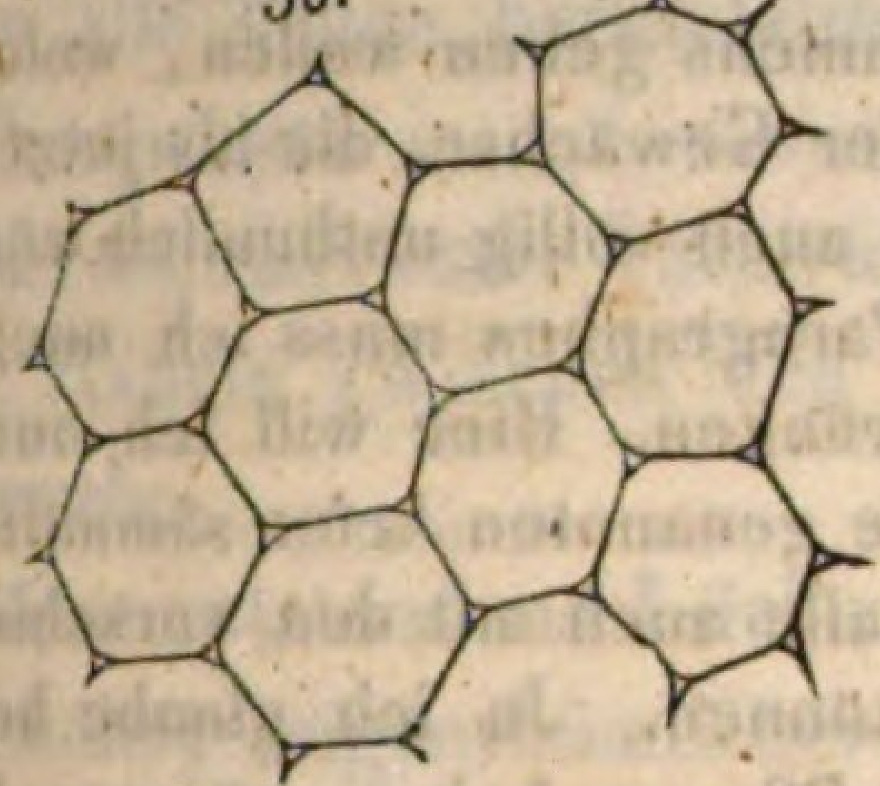
34. Unvollkommenes elliptisches Parenchym aus dem liegenden flachen Blatte von *Acrostichum alcicorne*. Die Berührungsflächen der einzelnen Zellen und nur diese sind porös.

35. Schwammförmiges Parenchym aus einem noch nicht völlig ausgebildeten Luftgange von *Canna occidentalis*, rechts sind zwei Zellenreihen, welche dem begrenzenden Parenchym des Luftganges angehören.

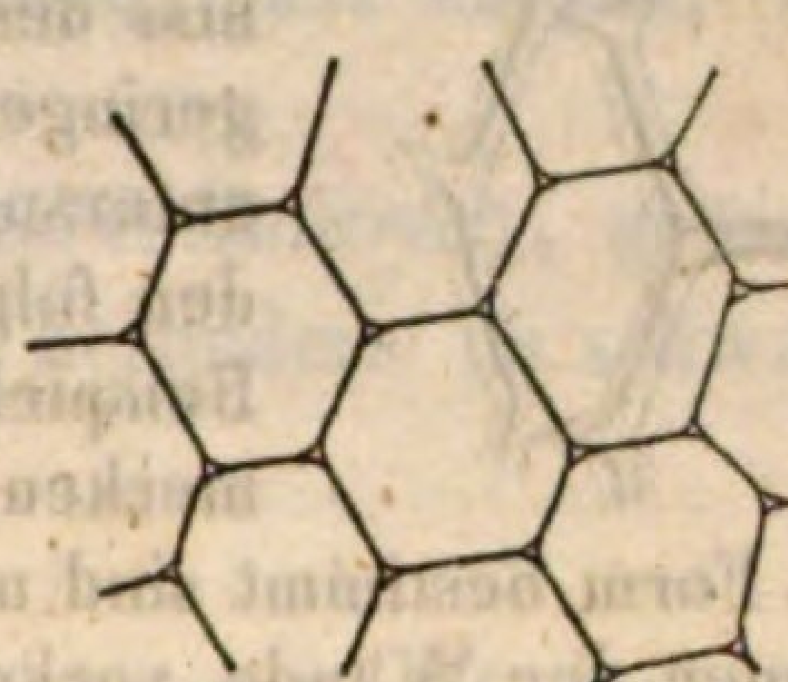
Alles schnell austrocknende Gewebe, auch die untere Hälfte des Parenchyms der meisten Blätter.

b) Vollkommenes Parenchym (*P. completum*), wenn die Berührung der Zellen unter einander möglichst vollkommen ist.

36.

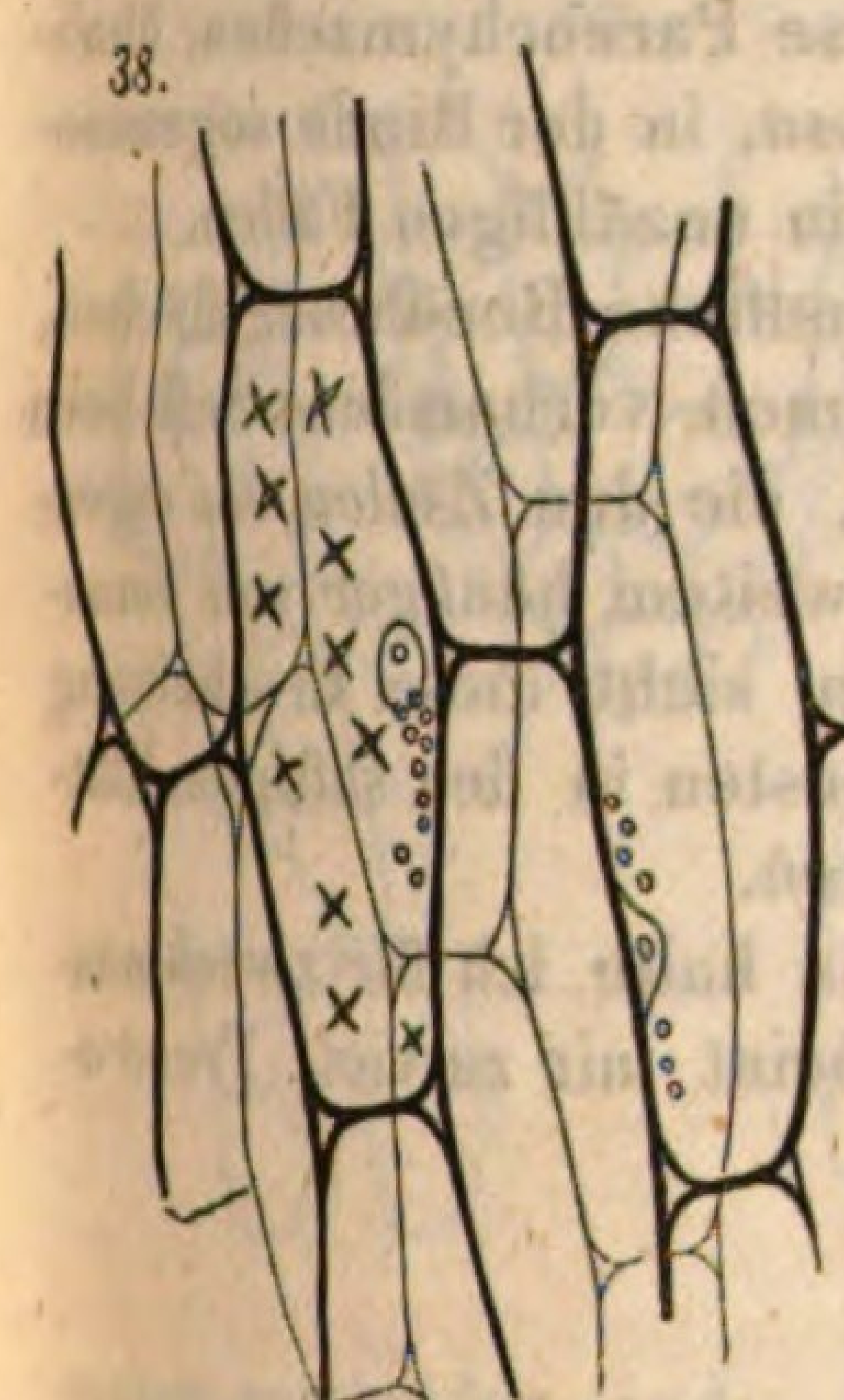


37.



1) Regelmässiges Parenchym (*P. regulare s. dodecaedrotum*), fast lauter polyedrische Zellen ohne Vorherrschen einer bestimmten Dimension (36, 37); findet sich besonders im Mark der Pflanzen.

38.



2) Langgestrecktes Parenchym (*P. longitudinale, cylindricum, prismaticum etc.*) (38); bei sehr rasch wachsenden Pflanzen, zumal im Mark vieler Monokotyledonen, in dem Innern der Tangarten.

36. Regelmässiges Parenchym aus dem Stengel von *Balsamina hortensis* im Querschnitt. 37 dasselbe im Längsschnitt.

38. Gestrecktes Parenchym aus dem Stengel von *Vicia faba*. In der mittleren Zelle sind die Porenspalten mit gezeichnet, innerhalb der Begrenzung derselben erkennt man einen Cytoblasten, ob er der porösen Zelle selbst oder einer darunter liegenden angehört, war nicht zu unterscheiden; daneben finden sich noch einige kleine Körnchen (Stärke). Die Zelle am weitesten nach Rechts zeigt einen Cytoblasten von der Seite gesehen und einige Stärkekörnchen.

39.



3) Tafelförmiges Parenchym (*P. tabulatum*), meist viereckige tafelförmige Zellen(39); in der äusseren Rinde, besonders aber in Kork und Borke.

Ich habe im Paragraphen natürlich nur Beispiele angeführt und keineswegs ein erschöpfendes Verzeichniss des Vorkommens geben wollen, welches bei der geringen Zahl der Gewächse, die bis jetzt anatomisch untersucht sind, auch völlig unthunlich wäre; auch in den folgenden Paragraphen muss ich mich auf solche Beispiele beschränken. Hier will ich nur noch bemerken, dass die genannten Arten sämmtlich nach der äussern Form bestimmt sind und dass alle auch mit den verschiedenen Modificationen der Wände vorkommen können. Ja ich glaube behaupten zu dürfen, dass in einer phanerogamen Pflanze keine grössere Parenchymmasse vorkommt, die nicht im Alter wenigstens eine Form der Verdickungsschichten, nämlich die poröse, deutlich zeigte. Nicht immer aber sind alle Zellen einer Parenchymmasse gleichförmig verändert und es kommen oft zwischen sehr dünnwandigen Zellen einzelne mit deutlichen Spiral- oder Netzfasern, oder auch einzelne Zellen oder Zellengruppen mit ausserordentlich dicken Wänden vor, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in den Winterbirnen sind sehr dickwandige poröse Parenchymzellen, ähnliches in der Rinde und dem Mark von *Hoja carnosa*, in der Rinde sogenannter Luftwurzeln tropischer Orchideen und sonst in unzähligen Fällen.

Das sphärische Parenchym hat natürlich rundliche Berührungsflächen, um welche gewöhnlich der in den Zwischenräumen vorhandene Saft beim Austrocknen kleine etwas erhabene Ringe bildet, die den Zellen ein eigenthümliches Aussehen geben, zumal da sie bei weitem häufiger von einander gerissen, als durchschnitten werden. Man sieht diese Erscheinung überall, wo dies Zellgewebe vorkommt, am schönsten in den saftigen Blättern tropischer Orchideen, z. B. der Oncidienarten.

Die vorstehende Eintheilung des Parenchyms halte ich für zweckmässig, aber auch für genügend. — *Meyen**) scheint mir zu viel, *Treviranus***) zu wenig zu unterscheiden.

§. 24.

B. Intercellularsystem. Die Berührung der Zellen in der

*) Phytotomie. Berlin, 1830, S. 57 ff.

**) Physiologie. Bonn, 1835, Bd. I. S. 29 ff.

39. Tafelförmiges Parenchym aus der Rinde von *Quercus suber*, *a* im Quer- und Längsschnitt, *b* von der Fläche gesehen.

Pflanze ist selten oder nie ganz vollständig, sie lassen mannigfache Lücken, die folgende wichtigere Verschiedenheiten zeigen.

a) Ursprüngliche, blos durch das nicht vollkommene Zusammenschliessen der Zellen gebildete Lücken.

1) Intercellulargänge (*meatus intercellulares*), enge meist dreieckige, um alle Zellen herumlaufende Canäle, fast überall, wenigstens in jedem Parenchym.

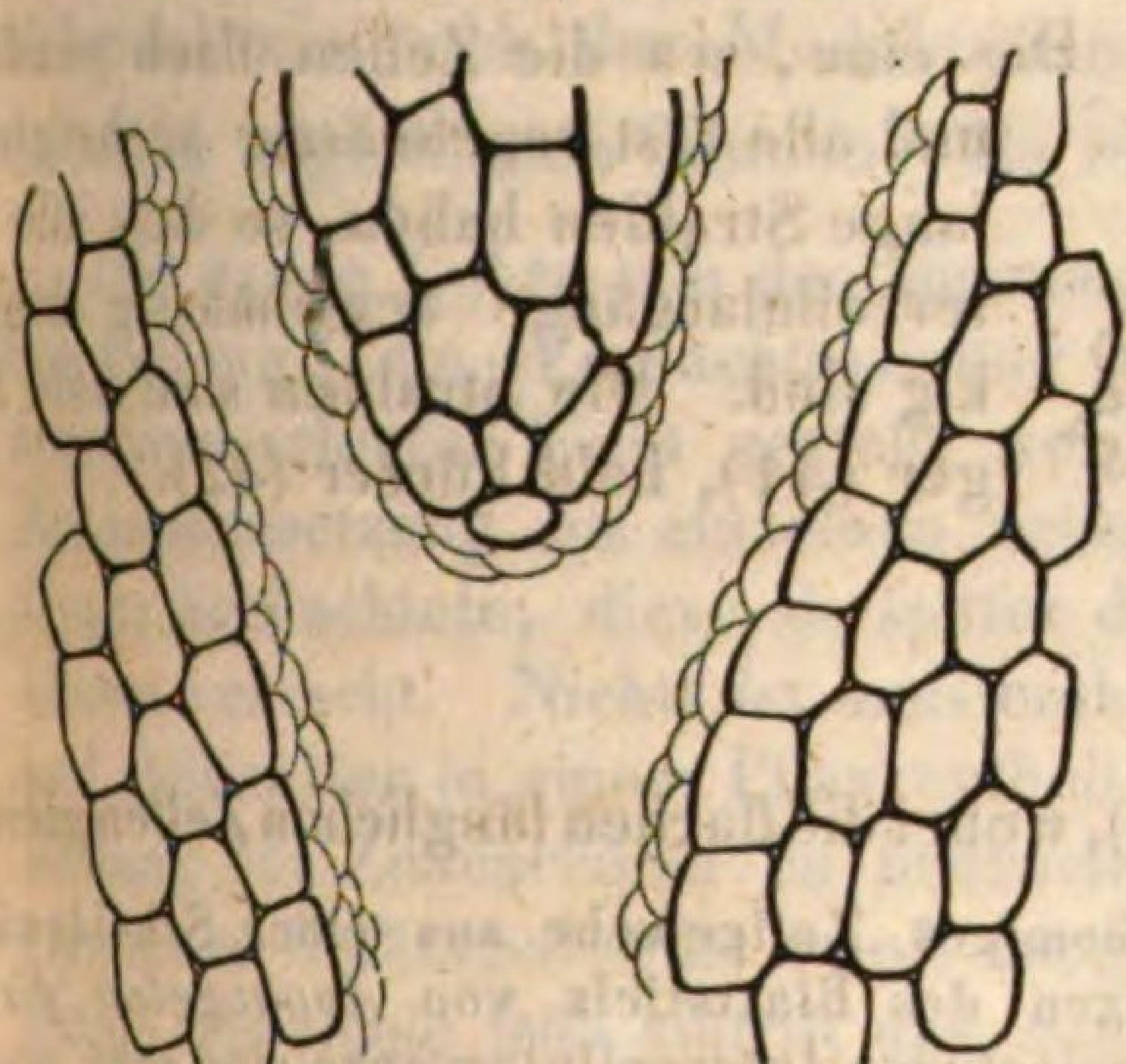
2) Intercellularräume (*interstitia intercellularia*), grössere unregelmässige Räume zwischen den Zellen, besonders im schwammförmigen Zellgewebe.

b) Später entstandene Lücken.

1) Behälter eigenthümlicher Säfte (*conceptacula succi proprii*). Durch Erguss der Säfte aus den benachbarten Zellen, aus Intercellulargängen entstanden. Man kann zweierlei unterscheiden:

α) Von ziemlich derben, dicht aneinander geschlossenen wahrscheinlich nicht absondernden Zellen flach begrenzt, z. B. Harzgänge der Coniferen in der Rinde (?), einzelne Gummigänge.

40.



β) Von zartwandigen lockeren, blasig in die Höhle hineinragenden, wahrscheinlich absondernden Zellen begrenzt, die meisten Behälter eigner Säfte, z. B. die Milchsaftgänge der *Mamillaria*- und *Rhus*-arten, die Gummigänge der Cycadeen (40), die Harzgänge im Holze der Coniferen.

2) Luftbehälter, die durch Zerstörung einer Parenchymmasse entstanden sind. Diese sind wieder:

α) Luftgänge (*canales aëreae*). Hier verwandelt sich eine bestimmte Portion Parenchym erst in schwammförmiges Zellgewebe, wird dann zerrissen und resorbirt, die Wände dieser Gänge sind aber völlig glatt und die Höhlung ist in bestimmten Zwischenräumen durch eine

40. Das Zusammenmünden zweier Dextringänge in dem Blattstiel von *Cycas revoluta* im Längsschnitt. Das derbere Parenchym ist nach den Gängen zu mit sehr zartwandigen blasig in die Höhle hineinragenden Zellen ausgekleidet.

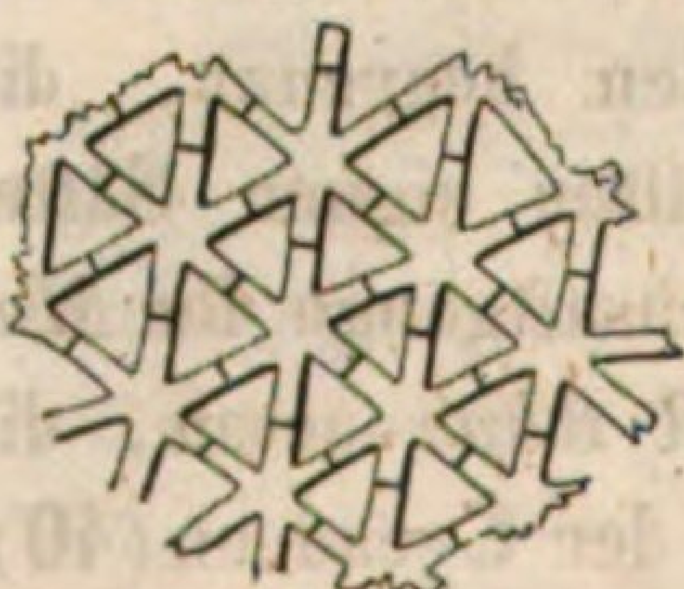
Schicht stehenbleibender Zellen in Sternform, wie durch Scheidewände unterbrochen, z. B. in *Canna*, *Nymphaea etc.*

β) Luftlücken (*lacunae aëreae*). Hier zerreisst unordentlich durch Ausdehnung des Pflanzentheils eine Portion Parenchym. Die Wände bleiben rauh mit den Resten der zerrissenen Zellen besetzt, z. B. die hohlen Stengel der Gräser, Umbellaten, Compositen u. s. w.

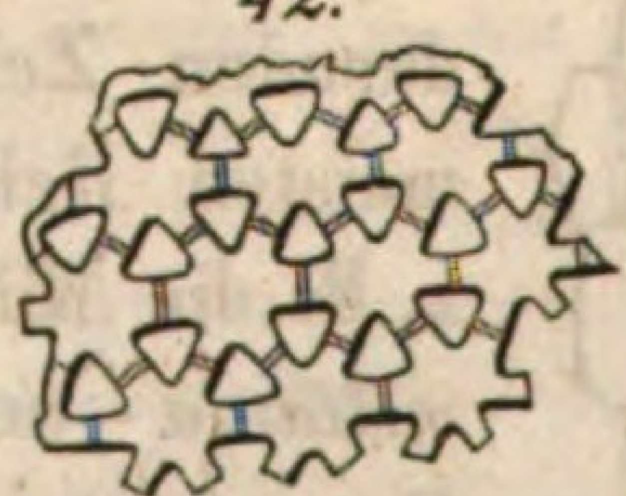
Die Intercellulargänge sind lange bekannt gewesen, selten gehörig gewürdigt, man hat oft zu viel, oft zu wenig Werth auf sie gelegt. Sie bilden fast in jedem Parenchyma ein eigenthümliches zusammenhängendes System von Canälen, sie stehen mit den Intercellularräumen in Communication und eben so mit den Luftcanälen, obwohl das häufig geleugnet wird. Im grössten Theil eines Luftcanals sind die denselben begrenzenden Zellen fest aneinander geschlossen und zeigen keine Intercellulargänge, wohl aber in der Nähe und meistentheils unmittelbar über einer Scheidewand. Die grösseren Luftcanäle entstehen gewiss immer auf die angegebene Weise, wie bei *Canna* und *Nymphaea* leicht zu beobachten, die kleineren sind allerdings wohl nur erweiterte Intercellulargänge, was die meisten Schriftsteller unrichtig auch auf die grössern übertragen haben.

Die Scheidewände der Luftcanäle sind anfangs immer gewöhnliches rundliches Parenchym, erst allmälig werden die Zellen platt und die Strahlen treten an den Berührungsflächen der benachbarten Zellen hervor. Man kann zwei Formen unterscheiden. Die eine, wo die Zellen flach rundlich und alle fast regelmässig sechs gleich lange Strahlen haben, so dass alle Intercellulargänge regelmässig dreieckig sind. Die Strahlen sind bald länger (41), bald kürzer (42).

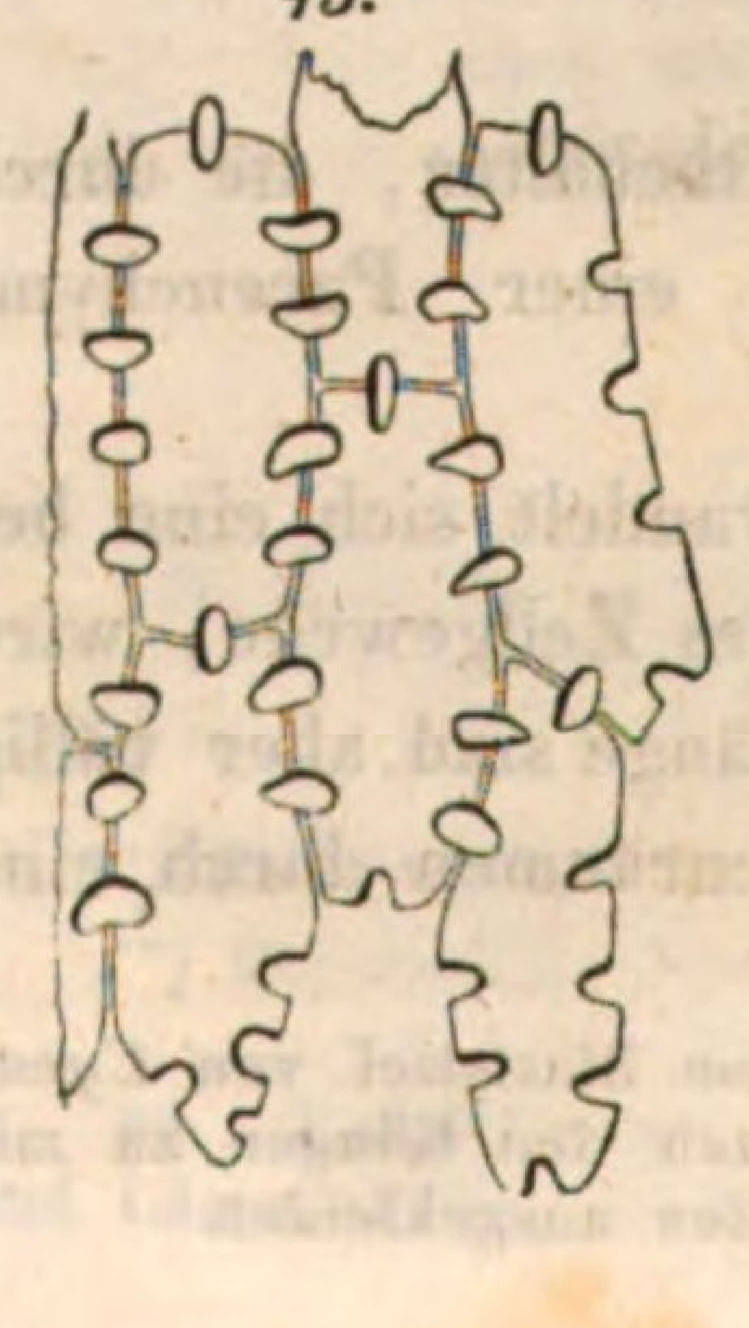
41.



42.



43.



Die andere (43), wobei die flachen länglichen Zellen gleich-

41. Sternförmiges Zellgewebe aus einer Scheidewand in den Luftgängen des Blattstiels von *Aponogeton distachyon*. Die dreieckigen Intercellulargänge sind sehr gross, die Strahlen der Zellen verhältnissmässig lang.

42. Sternförmiges Zellgewebe aus einer Scheidewand in den Luftgängen des Blattstiels von *Aponogeton distachyon*. Die dreieckigen etwas abgerundeten Intercellulargänge sind ziemlich klein, die Strahlen der Zellen verhältnissmässig kurz, die Zellenwände zwischen zwei Strahlen etwas verdickt.

43. Sternförmiges Zellgewebe von einer Scheidewand in den Luftgängen der Blätter von *Pilularia globulifera*. Die Zellen sind etwas lang gestreckt mit vielen aber kurzen und breiten Strahlen, die aneinanderstossenden Wände etwas verdickt, die Intercellulargänge unregelmässig rundlich.

sam am ganzen Rande Ausschnitte haben. Aehnliches kommt nicht selten auch im tafelförmigen Parenchym, welches in concentrischen Schichten geordnet ist, z. B. in der Rinde vor.

Bei den Milchsaftgefässen hat man bisher ziemlich in Bausch und Bogen gesprochen, gleichwohl sind sie sehr verschieden. Bei den im Paragraph genannten Pflanzen, die doch einen entschiedenen Milchsaft haben, ist an eine eigne Haut gar nicht zu denken. Auch ist auf den angegebenen Unterschied in dem Bau der Wände aller Behälter eigenthümlicher Säfte nicht genug geachtet, wahrscheinlich kann man hier absondernde und blos aufbewahrende unterscheiden. Doch sind hier noch viele Untersuchungen zu machen. Ich kann hier aus Mangel an Material nur andeuten. Dass die Harzgänge in der Rinde und dem Holze der Coniferen in der Jugend eigne Wände haben, wie *Link**) behauptet, muss ich bestimmt in Abrede stellen.

§. 25.

C. Gefässe (*Vasa, Tracheae auct. veter.*). Wenn eine Reihe meist langgestreckter Parenchymzellen durch Resorption der ihre Höhle trennenden Wände in offne Communication tritt, so nennt man eine solche Reihe mit einem höchst übel gewählten Ansdruck Gefäss und unterscheidet sie nach der Modification der Zellenwand mit den oben bei den Zellen angeführten Namen, als *vasa spiralia*, *annulata*, *porosa etc.*

Die ganze Lehre von den sogenannten Gefässen ist durch die verkehrte Behandlung (die Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte) in ein durchaus schiefes Licht gestellt worden. Man hat sogar da, wo man die Zusammensetzung aus einzelnen Zellen (die sogenannte Gliederung der Gefässe) beobachtete, diese als später durch Einschnürung entstanden zu erklären versucht. Nichts ist meistentheils leichter, zumal bei den grösseren und sich später in einem Pflanzentheil bildenden Gefässen, als ihre allmälige Bildung aus Zellenreihen zu beobachten. Nur bei den am frühesten entstandenen Gefässzellen ist es oft unendlich schwierig, da hier die Communication der Höhle früh eintritt und dann die noch fortdauernde Ausdehnung allmälig der ganzen Zellenreihe genau ein gleiches Kaliber ertheilt. Dazu kommt noch eine andere bis jetzt kaum bemerkte, geschweige denn gewürdigte und erklärte Eigenheit. Wir bemerken leicht, dass in den einzelnen Zellen der *Chara* die schiefe Richtung der grünen Kügelchen sich durch die folgenden Zellen hindurch zu einer vollkommenen Spirale ergänzt, ebenso findet häufig ein eigenthümlicher Zusammenhang zwischen den spiraligen Ablagerungen zweier benachbarter Zellen statt, so dass dem nicht sehr aufmerksamen Beobachter sich die Spirale ununterbrochen fortzusetzen

*) *Elem. phil. bot. Ed. II. T.* I. *p.* 201.

scheint. Dadurch wird es oft beinahe unmöglich, in den zuerst aufgetretenen Gefässzellen ihre Zusammensetzung aus einzelnen Zellen noch zu erkennen, obwohl uns die Analogie vollkommen berechtigt, eine solche auch hier anzunehmen, da kein Grund vorliegt. warum gerade bei diesen Gefässen eine Ausnahme stattfinden sollte. Nirgends ist die Zusammensetzung der Gefässe aus Zellen leichter zu beobachten, als bei der Balsamine, und nirgends zeigt sich auch auffallender der Zusammenhang der spiraligen Bildungen einer Zelle mit der folgenden. Aber es gelingt auch nicht selten, an ganz früh entstandenen Gefässen trotz der Gleichförmigkeit des Kalibers und der scheinbaren Continuität der Spirale die Zusammensetzung zu erkennen. Ich habe an einem andern Orte darauf aufmerksam gemacht *).

Gewöhnlich, zumal bei den später entstandenen Gefässzellen, wird die Scheidewand so durchbrochen, dass rings ein schmaler Rand stehen bleibt (bei den früher entstandenen bleibt oft nichts stehen und das erschwert die Erkennung der Zusammensetzung noch mehr oder macht sie ganz unmöglich). Selten stehen diese Scheidewände ganz horizontal, gewöhnlich etwas geneigt und zwar seltsamerweise sehr selten von der Axe des Pflanzentheils nach der Peripherie, meist nach den Seiten der Radien zu geneigt. Auf einem radialen Längsschnitt bekommt man daher jene Löcher in den Scheidewänden häufig zu sehen. *Treviranus***) bemerkte sie zuerst, wusste aber nichts damit zu machen; *Meyen****), der weniger gut beobachtet hatte, gab eine höchst unbeholfene Erklärung, erst später wurde die Sache aufgehellt, aber ohne dass man *Treviranus* genannt hätte. Diese Bildung der Durchbrechung findet aber nur statt, wenn die Scheidewände eine gewisse Neigung nicht übersteigen, bei etwas stärkerer Neigung bilden sich statt eines mehrere Löcher und die Scheidewand gewinnt oft ein regelmässiges leiterförmiges Ansehen, wie *Mohl*†) zuerst entdeckte. Beispiele geben die Birke, die Palmenwurzeln, *Arundo Donax etc.* Wird endlich die Neigung so stark, dass man die Zellen mehr für aneinanderliegend, als aufeinanderstehend ansehen muss, so bilden sich auf der Scheidewand, je nach der Natur der Zellen, nur Spiralen oder Poren aus. Auch hier mögen die vorigen Beispiele genügen.

Dass das ausgebildete Gefäss regelmässig nur Luft führt, ist so klar, dass man sich wundern muss, wie je Streit darüber entstehen konnte, da schon das unbewaffnete Auge darüber aufklären konnte (vergl. oben Einleitung S. 13 Anm.), aber zuweilen dringt im Alter abnormerweise Flüssigkeit und zwar bildungsfähige in dieselben ein und es entstehen in der Höhle des Gefässes Zellen. Sie sind länger bekannt in den alten porösen Gefässen

*) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen in den *Mém. de l'academ. de St. Petersb. par. div. savans. VI. Ser T. IV. p.* 26. 27.

**) Vom inwendigen Bau der Gewächse u. s. w. Göttingen, 1806. Taf. I, Fig. 10, b.

***) Phytotomie S. 264.

†) *De Palmarum structur.* Taf. N. Fig. 13, 14, 15.

der Eiche und der Ulme, ich fand sie häufig in den Spiralgefässen alter Scitamineenstämme, z. B. bei *Canna* und *Hedychium*. Hier entstehen die Zellen, wie mir scheint, nicht eigentlich in der Gefässzelle, sondern von der benachbarten Zelle dehnt sich ein Theil der Wand blasenförmig aus und drängt sich zwischen die Spiralwindungen in die Gefässzelle hinein. In dieser Blase, die sich abschnürt (?), entstehen dann neue Zellen.

Es versteht sich von selbst, dass eine Gefässbildung bei allen Zellenformen vorkommen kann, die sich reihenweise anordnen können, also auch bei kugeligen oder polyedrischen Zellenformen. Die aus den letzteren beiden entstandenen Gefässe pflegte man früher wohl, besonders wenn ihr Verlauf nicht ganz grade war, mit dem völlig überflüssigen Namen: rosenkranzförmige Gefässe (*vasa moniliformia*) u. s. w. zu bezeichnen. Ich weiss nicht, warum man die ganz kurzgliedrigen, aus fast tonnenförmigen Zellen bestehenden porösen Gefässe des Weins nicht auch so genannt hat, ein Unterschied ist durchaus nicht vorhanden.

§. 26.

D. Gefässbündel (*fasciculi vasorum*). So nennt man eine Masse von langgestreckten Zellen, von denen ein Theil in Gefässe umgeändert ist, und die sich mehr oder weniger deutlich von dem umgebenden Parenchym, welches sie in einem längeren oder kürzeren Zuge durchsetzen, unterscheidet. Sie sind entweder:

a) Simultane Gefässbündel (*f. v. simultanei*), wenn alle ihre Theile ziemlich zu gleicher Zeit entstanden sind und ausgebildet werden, Gefässbündel der Kryptogamen.

b) Succedane Gefässbündel (*f. v. succedanei*), wenn die einzelnen Theile nach einander und zwar in allen Stengelgebilden in der Richtung von Innen nach Aussen entstehen und ausgebildet werden. Sie bestehen anfänglich ganz aus einem in der Bildung begriffenen, zarten, mit trüber Flüssigkeit gefüllten Zellgewebe (*cambium*), welches, so wie es innen in gestreckte Zellen und Gefässe übergeht, sich aussen fortbildet. Diese Gefässbündel sind wiederum:

1) Geschlossene Gefässbündel (*f. v. definiti*). Bei ihnen dauert die Fortbildung nur eine bestimmte kurze Zeit, dann ändert sich das Cambium in ein klares scharfgezeichnetes Zellgewebe um und ist unfähig zu ferneren Bildungen. Gewöhnlich liegen hier die Gefässe in einer Linie oder <förmig von Innen nach Aussen, zu äusserst oder nach beiden Seiten der Linie zeigen sich ein paar grosse poröse Gefässe und das Ganze ist mit langgestrecktem, dickwandigem Parenchym gemischt und umklei-

det und dadurch mehr oder weniger vom übrigen dünnwandigern und kürzern Parenchym unterschieden. Monokotyledone Gefässbündel.

2) Ungeschlossene Gefässbündel (*f. v. indefiniti*). Hier hört das Cambium nicht früher auf sich fortzubilden und das Gefässbündel von Innen nach Aussen zu verdicken, bis der Theil oder die Pflanze, dem es angehört, abstirbt. Dikotyledone Gefässbündel. Man muss hier unterscheiden:

α) Das primäre Gefässbündel, wozu Alles zu rechnen ist, was in der ersten Vegetationsperiode (Jahre) entsteht. Es besteht in der innern Hälfte aus denselben Theilen, wie das geschlossene Gefässbündel, nur dass die Gefässe meist zahlreicher und nicht so regelmässig angeordnet sind; die vordere Hälfte ist nur das fortbildungsfähige trübe Cambium, vorn und an den Seiten stetig, aber ziemlich rasch in das umgebende Parenchym übergehend.

β) Das Holz (*lignum*). Nach Vollendung der ersten Vegetationsperiode hört ein Pflanzentheil in der Regel auf, sich in die Länge zu strecken, da aber die vom Cambium neu erzeugten Zellen nichtsdestoweniger bis zu einer gewissen Länge sich ausdehnen, so müssen sich dieselben von nun an, um Raum zu gewinnen, mit spitzen Enden ineinanderschieben. Es entsteht statt Parenchyms ein eigenthümliches Zellgewebe, das man Prosenchym (*prosenchyma*) nennt. Ein Theil desselben behält seine langgestreckte, schmale, oben und unten zugespitzte Form (Holzzellen), dazwischen aber erweitern sich einzelne senkrechte Reihen, oft sehr stark, und ändern sich zu sogenannten Gefässen um. Hiervon machen nur die Coniferen, Cycadeen und einige andere insofern eine Ausnahme, als alle Holzzellen sich ziemlich gleichförmig ausbilden. Von der in jedem Jahr gebildeten Holzportion ist gewöhnlich der im Anfang entstandene Theil aus weiteren dünnwandigen Zellen zusammengesetzt, und enthält mehr Gefässe, später entstehen immer weniger Gefässe, die Zellen werden immer enger und dickwandiger. Bei regelmässigem Vegetationswechsel nach Jahresperioden unterscheidet sich daher der Anfang einer neuen jährlichen Holzportion schon für das blosse Auge mehr oder weniger scharf von dem Ende der vorigjährigen. Daraus zeigt sich das Holz auf dem Querschnitte in so viele concentrische Ringe getheilt, als der Stamm Jahre alt ist und man nennt diese Erscheinung deshalb Jahresringe.

Im Gegensatz zu den Gefässbündeln und seinen Fortbildungsmassen

heisst das Zellgewebe zwischen ihnen, welches gewöhnlich etwas von Innen nach Aussen gestreckt erscheint, Markstrahlen (*radii medullares*) und zwar grosse Markstrahlen, wenn sie continuirlich vom Centrum (Mark) bis zur Peripherie (Rinde) reichen, kleine dagegen, wenn sie im Holze anfangen oder aufhören.

Das Cambium. Wenn wir die werdenden Pflanzentheile betrachten, die sich bildende oder ausbildende Knospe, so finden wir im frühesten Zustand stets ein nur schwer in seinen Einzelnheiten erkennbares Gewebe. Die Zellen strotzen von assimilirten schleimig-granulösen Stoffen, enthalten junge Zellen, Cytoblasten, oft auch noch überschüssigen Nahrungsstoff (als Stärkemehl u. s. w.), alles so eng in kleine höchst zartwandige Zellen zusammengedrängt, dass es schwer wird, klar in diesem Bildungsgewebe die dasselbe zusammensetzenden Theile zu unterscheiden. Dies ist eigentlich das Cambium, d. h. sich fortbildendes Zellgewebe. Allmälig treten nun einzelne Zellenmassen aus diesem Chaos schärfer und bestimmter hervor, sie haben aufgehört, bei der Fortbildung thätig zu seyn; zuerst scheidet sich die Oberhaut aus, dann die Gefässbündel, später das Parenchym, und endlich bleibt jenes Cambium nur auf ganz bestimmte Orte beschränkt, auf die Spitze der Stengel (*Punctum vegetationis C. Fr. Wolff*) und auf die äussere Seite der Gefässbündel *). Diese letztere Partie hat man bisher vorzugsweise Cambium genannt, obwohl sie von dem übrigen durchaus in nichts verschieden ist. Niemals ist das Cambium eine unorganisirte Masse, wie man früher allgemein annahm, sondern, bei den Gefässpflanzen wenigstens immer, ein Zellgewebe, welches Cytoblastem enthält, in lebendiger Thätigkeit ist und daher beständig neue Zellen bildet, von denen ein Theil austritt, um sich dem schon gebildeten Zellgewebe in seinen verschiedenen Formen anzuschliessen, ein Theil dagegen wieder, als Cambium, den Bildungsprocess fortsetzt. Von diesem Cambium muss man durchaus ausgehen.

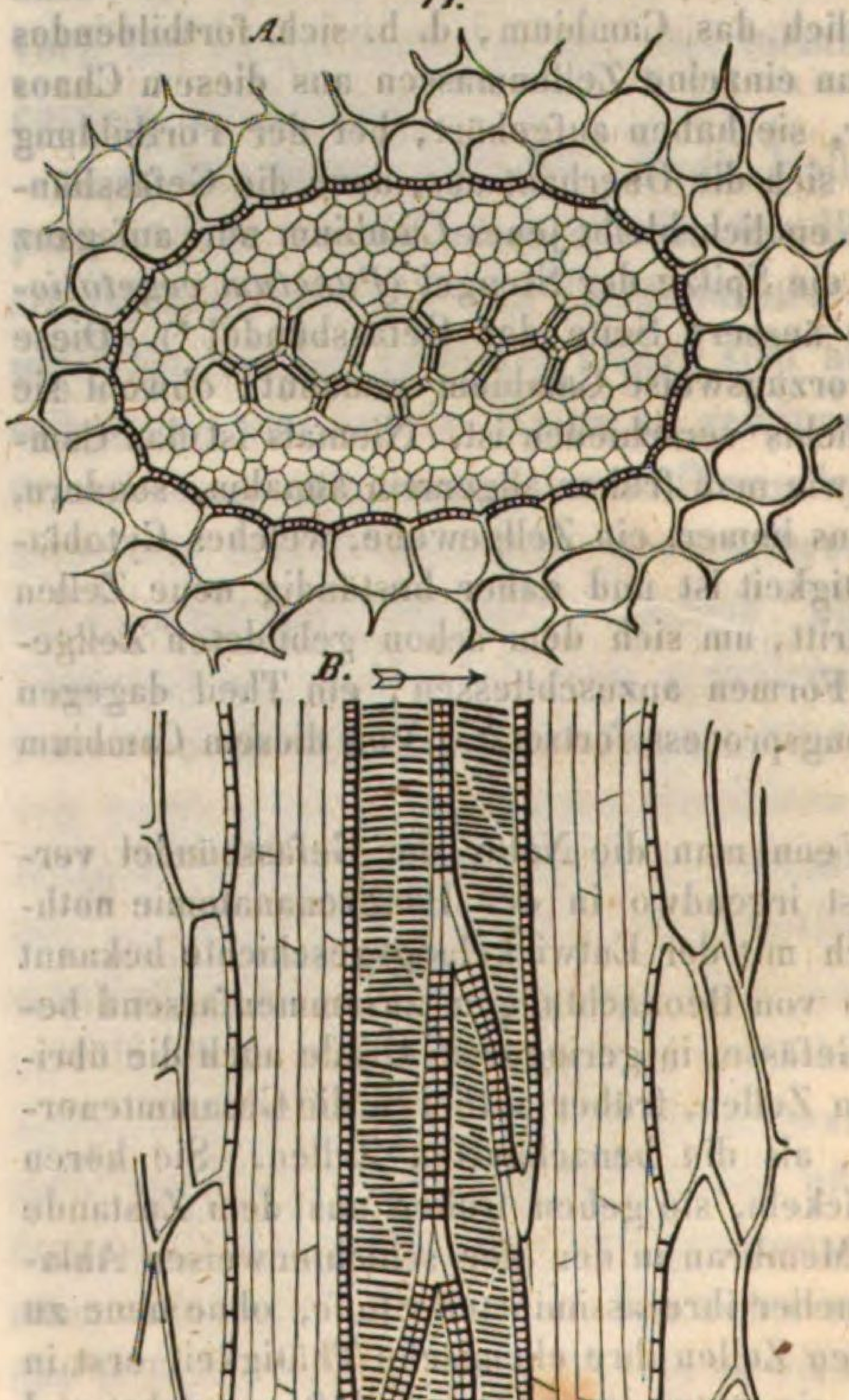
Die Gefässbündel. Wenn man die Natur der Gefässbündel verstehen will, ist es mehr wie sonst irgendwo in der Pflanzenanatomie nothwendig, auf das Speciellste sich mit der Entwickelungsgeschichte bekannt zu machen. Eine grosse Reihe von Beobachtungen zusammenfassend bemerkt man, dass besonders die Gefässe, in geringerem Grade auch die übrigen zum Gefässbündel gehörigen Zellen, früher aufhören die Gesammtenergie des Zellenlebens zu zeigen, als die benachbarten Zellen. Sie hören früher auf, neue Zellen zu entwickeln, sie gehen früher aus dem Zustande der allgemeinen Ernährung der Membran in den der schichtenweisen Ablagerung über, sie verzehren schneller ihre assimilirten Stoffe, ohne neue zu bilden, und wenn die benachbarten Zellen ihre chemische Thätigkeit erst in voller Energie beginnen, haben sie entweder alle ihre Säfte verzehrt und

*) Zum Theil auch auf das Innere des Blattes.

führen nur noch Luft (Gefässe) oder einen sehr homogenen indifferenten Zellensaft (die jüngeren Holzzellen). Es sind Zellen, die alle Stadien des Lebens schneller durcheilen als die Parenchymzellen. Hieraus erklären sich fast alle Erscheinungen einfach und vollständig. Zuerst bilden die Parenchymzellen noch neue Zellen, wenn die Gefässbündelzellen schon aufgehört haben. Es kommen daher auf ein gleiches Längenmass mehr Parenchymzellen, als Gefässbündelzellen; die letzteren sind also immer um ein Bedeutendes länger, als die ersteren. Dieser Gegensatz ist besonders schroff im Anfang eines Gefässbündels, weniger zu seinen Seiten, wo seine Zellen allmälig in die des Parenchyms übergehen. Da ferner bei der Bildung der secundären Schichten die noch fortdauernde Ausbildung der Zelle ein wesentliches Moment ist, so hängt die Form der einzelnen Gefässbündelzellen auch wesentlich von der Zeit ab, in welcher sie entstanden. Hier muss man aber die verschiedenen Arten der Gefässbündel unterscheiden.

1) Bei den höheren Kryptogamen, den Farren, Lycopodien, Equisetaceen (?) (kryptogamen Gefässpflanzen) zumal im oberirdischen Stengel (weniger in den gestreckten, unterirdischen und bei den Equiseten überhaupt) wird das ganze Gefässbündel fast auf einmal angelegt und entwickelt. Wir finden daher in jedem Gefässbündel auch fast nur ganz gleiche Formen, und da sich die Stengel dieser Pflanzen nach Entstehen der Gefässbündel nur noch wenig in die Länge strecken, fast nur Gefässformen mit langen spaltenartigen Po-

44.



44. Simultanes Gefässbündel aus dem Stengel von *Polypodium ramosum A* im Querschnitt, *B* im Längsschnitt durch den kleineren Durchmesser des Gefässbündels. Der Pfeil bezeichnet die Richtung vom Centrum nach der Peripherie des Stengels. Das etwas verdickte nach dem Gefässbündel hin poröse etwas langgestreckte Parenchym umschliesst zunächst ein zartwandiges sehr langgestrecktes Parenchym, dem Cambium (*vasa propria Mohl*) bei den Monokotyledonen entsprechend. Innerhalb dieser Zellen liegen die ganz gleichförmigen mit langen aber schmalen Spalten bezeichneten Gefässe.

ren*). Bei den Lycopodien kommen auch sehr eng gewundene Spiralgefässe, bei den Equiseten **) Ringgefässe, aber mit sehr nahestehenden Ringen vor***).

2) Bei den Phanerogamen dagegen tritt eine successive Bildung der Gefässbündel ein. Die der Axe zunächst gelegenen Theile treten zuerst aus dem Zustande des Cambiums heraus, und dann schreitet die Entwickelung allmälig gegen die Peripherie fort. Dabei dehnen sich die Theile, denen die Gefässbündel angehören, fast ohne alle Ausnahme während der Bildung der letzteren noch bedeutend aus †). Hieraus ergeben sich einige wesentliche Modificationen der Gefässbündel. Was zuerst die Gefässe anbetrifft, so entspricht der Typus ihrer Verdikkungsschichten von Innen nach Aussen einer immer geringeren Ausdehnung. *Der Axe* am nächsten finden wir meist weitläufige Ringgefässe, darauf folgen engere, dann Spiralgefässe, deren Windungen obwohl weit, doch enger sind, als der Abstand der Ringe im nächst vorhergehenden Gefässe, dann eng gewundene Spiralen, netzförmige und endlich poröse Bildungen. Diese Folge bleibt dieselbe, wenn auch diese oder jene Bildung nicht auftritt. Bei genauen und ausgedehnten Untersuchungen findet man dieses Gesetz so sehr bestätigt, dass man ganz sicher schon nach der Form der Verdikkungsschichten das relative Alter zweier Gefässe (als solcher, nicht ihre Entstehung als Zellen) bestimmen kann, wie sich dies z. B. am schlagendsten bei den in monokotyledonen Gefässbündeln so häufig vorkommenden grossen porösen Gefässen zeigt, die oft seitwärts, zuweilen sogar hinter den zuletzt gebildeten spiral- und netzförmigen Gefässen liegen, aber sich auch beständig später als diese ausbilden und daher eine Configuration zeigen, die man ihrer blossen Lage nach nicht erwarten sollte. Man muss hier aber noch wieder unterscheiden nach der Zeit, während welcher das Cambium als solches beharrt, wodurch der wesentliche Unterschied zwischen Monokotyledonen und Dikotyledonen gegeben wird.

a) Bei den Monokotyledonen geht das Cambium zu einer gewissen Zeit und zwar allemal noch innerhalb der ersten Vegetationsperiode oder eines Jahres eine merkwürdige Veränderung ein; das anfänglich in den Zellen enthaltene Cytoblastem verliert sich und wird durch eine klare Flüssigkeit ersetzt, von nun an hört jede Neubildung auf, und meistentheils erweitern sich einzelne senkrechte Reihen kürzerer Zellen auf eine sehr regelmässige Weise, so dass da, wo drei bis fünf solche Zellen zusammenstossen, eine Reihe eng gebliebener etwas stärker verdickter längerer Zellen zu liegen

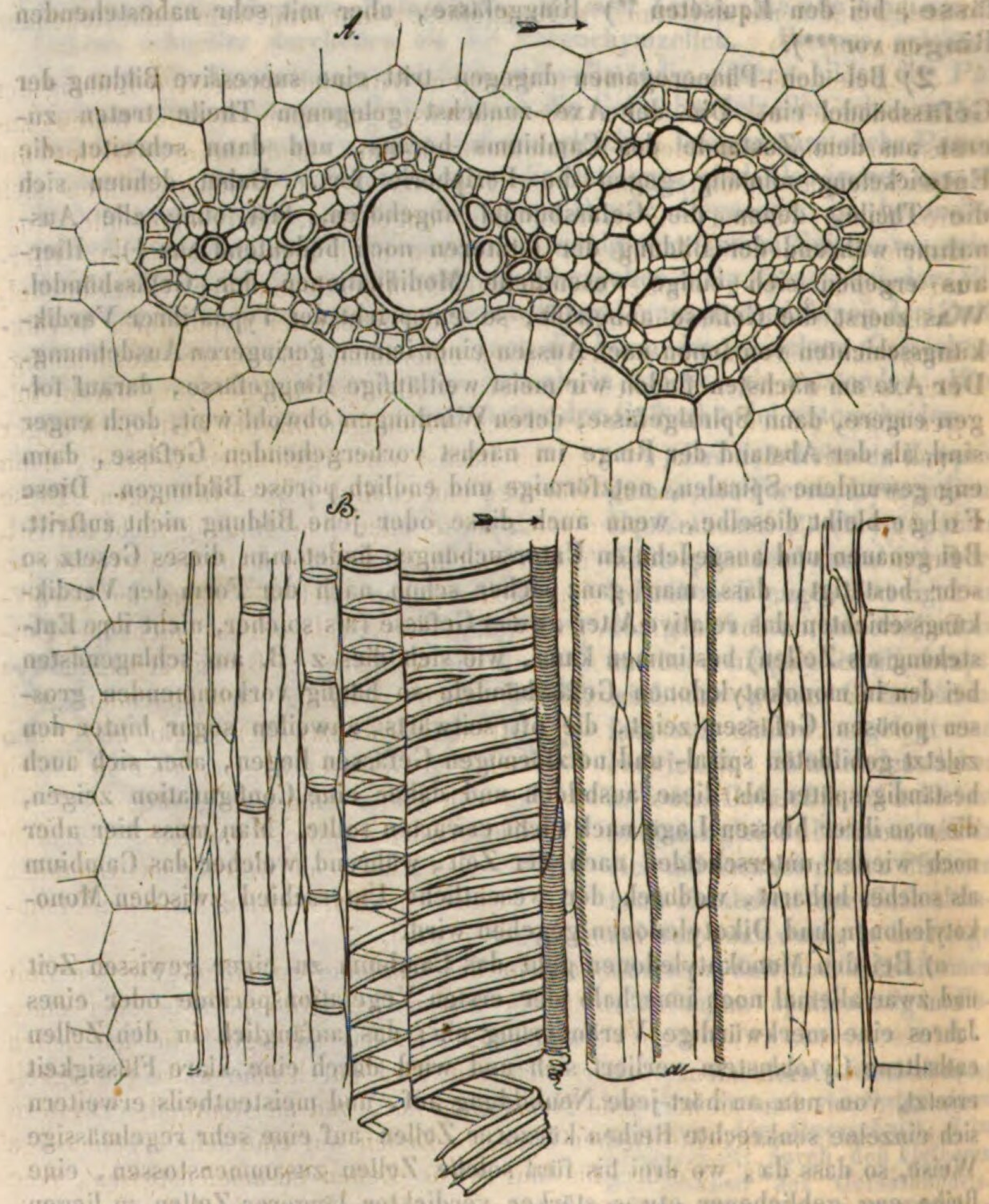
*) Vergleiche auch *Hugo Mohl de structura caudicis filicum arborearum.* München, 1833.

**) Letztere müssen überhaupt meiner Ansicht nach von allen Kryptogamen am höchsten gestellt werden.

***) Vergl. auch *Bischoff*, Die kryptogamischen Gewächse. Nürnb., 1828.

†) Man vergl. nur ganz einfach die Grösse der Zellen in jungen Pflanzentheilen mit denen in älteren.

45.



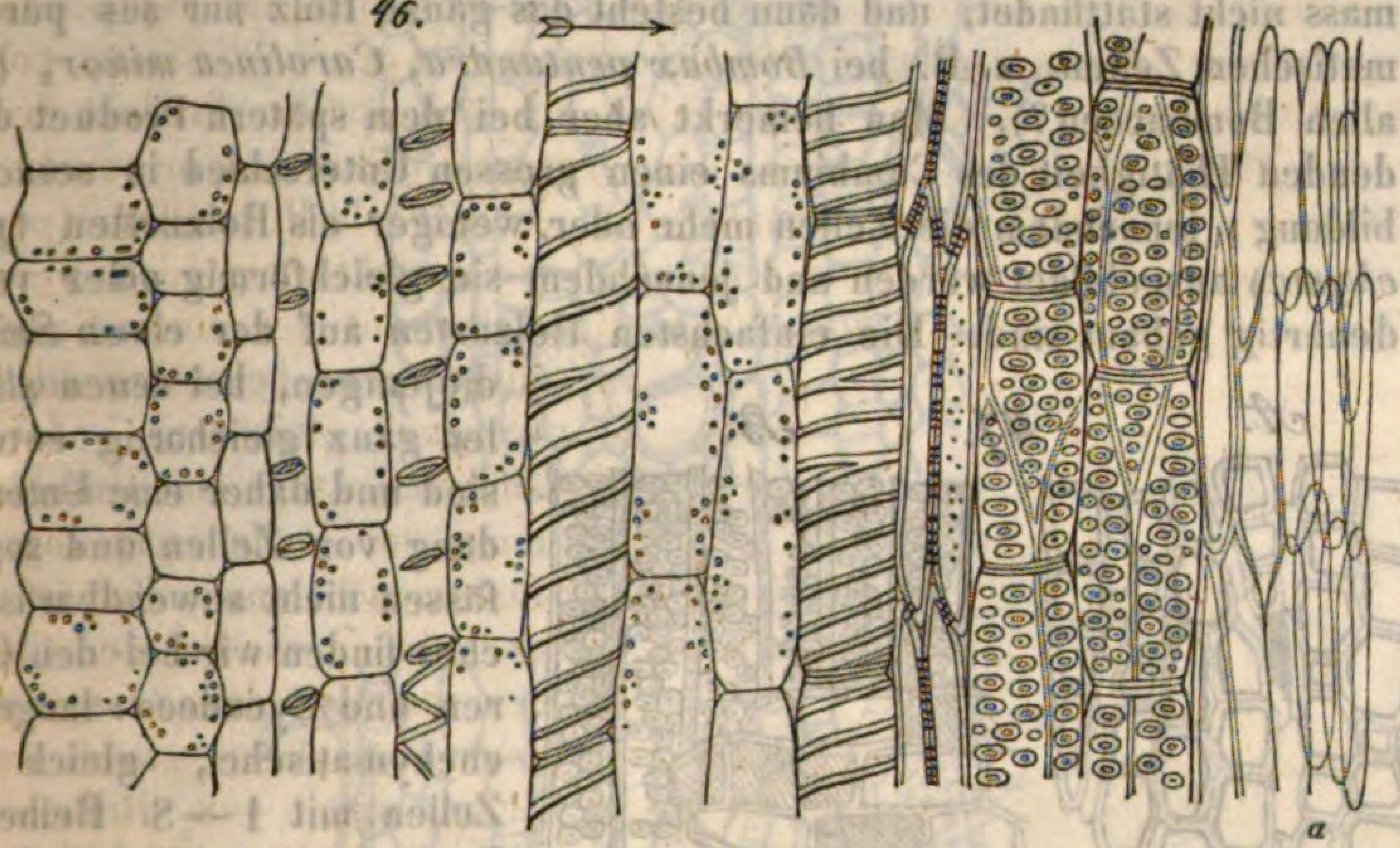
kommt (45) *). Während der Zeit haben sich dann auch gewöhnlich die zum

*) Vergl. auch hierüber *H. Mohl, De Palmarum structura,* wo er viele Abbildungen monokotyledoner Gefässbündel gegeben, aber, wie mir scheint, die ge-

45. Succedanes geschlossenes Gefässbündel aus dem Blattstiel von *Musa sapientum* (aus einer Scheidewand zwischen zwei Luftgängen nahe der untern Fläche des Blattstiels) *A* im Querschnitt, *B* im Längsschnitt so gewählt, dass beide möglichst in ihren Theilen correspondiren. Der Pfeil bedeutet die Richtung von der obern Fläche des Blattstiels nach der untern, *a* die Cambialzellen (*vasa propria H. Mohl*).

Gefässbündel gehörenden langgestreckten Parenchymzellen, die dasselbe entweder ganz umgeben, oder vorn oder hinten oder an beiden Orten ein grösseres Bündel bilden, stark in ihren Wandungen verdickt, so dass das ganze fernerhin unveränderliche Gefässbündel von dem umgebenden Parenchyma scharf geschieden erscheint (45). Doch finden sich auch Beispiele, wo das Gefässbündel an seinen Grenzen stetig in das gewöhnliche Parenchyma übergeht.

46.

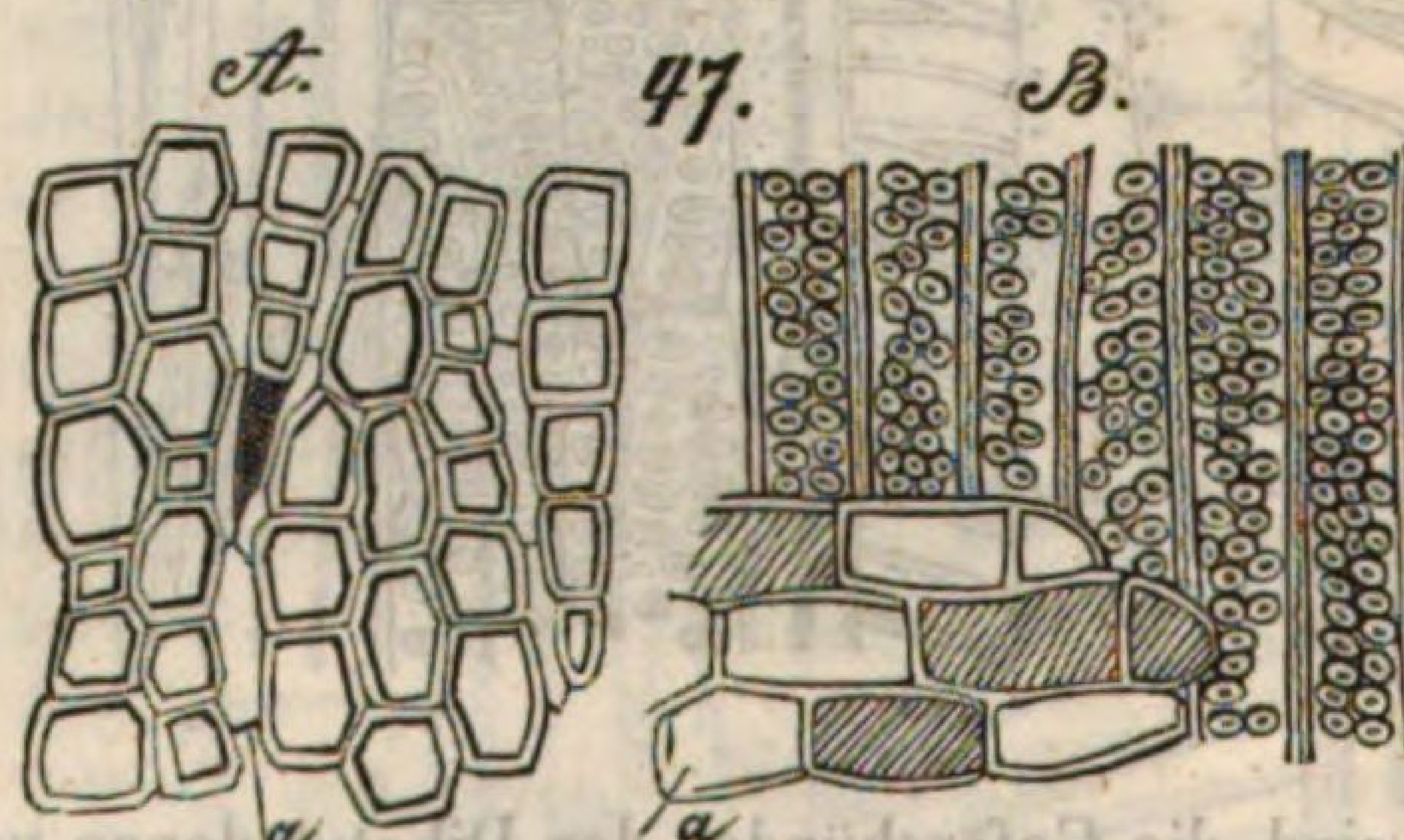


β) Im frühesten Zustande sind die Gefässbündel der Dikotyledonen von denen der Monokotyledonen auf keine Weise zu unterscheiden, die Verschiedenheit wird erst sichtbar, wenn sie sich dem Ende der ersten Vegetationsperiode nähern. Dann zeigt sich, dass das Cambium sein Ansehen gar nicht verändert, fortwährend in seiner neubildenden Thätigkeit beharrt und daher immer neue Zellenmassen an das Gefässbündel ablagert. Der erste Theil des Gefässbündels bildete sich ganz unter denselben Umständen wie das monokotyledone Gefässbündel, er zeigt daher ganz ähnliche Erscheinungen (46). Die weitere Fortbildung geschieht aber unter Umständen, die von denen, unter welchen das monokotyledone Gefässbündel sich bildete, sehr verschieden sind. Namentlich wird hier wichtig, dass jede Längsdehnung des Pflanzentheils aufgehört hat. Wenn also, wie es überwiegend häufig der Fall ist, die neu entstandenen Zellen sich noch bedeutend ausdehnen, so giebt ihnen dazu die Länge des Pflanzentheils nicht genügenden Raum; die Enden der Zellen einer horizontalen Schicht drängen sich daher

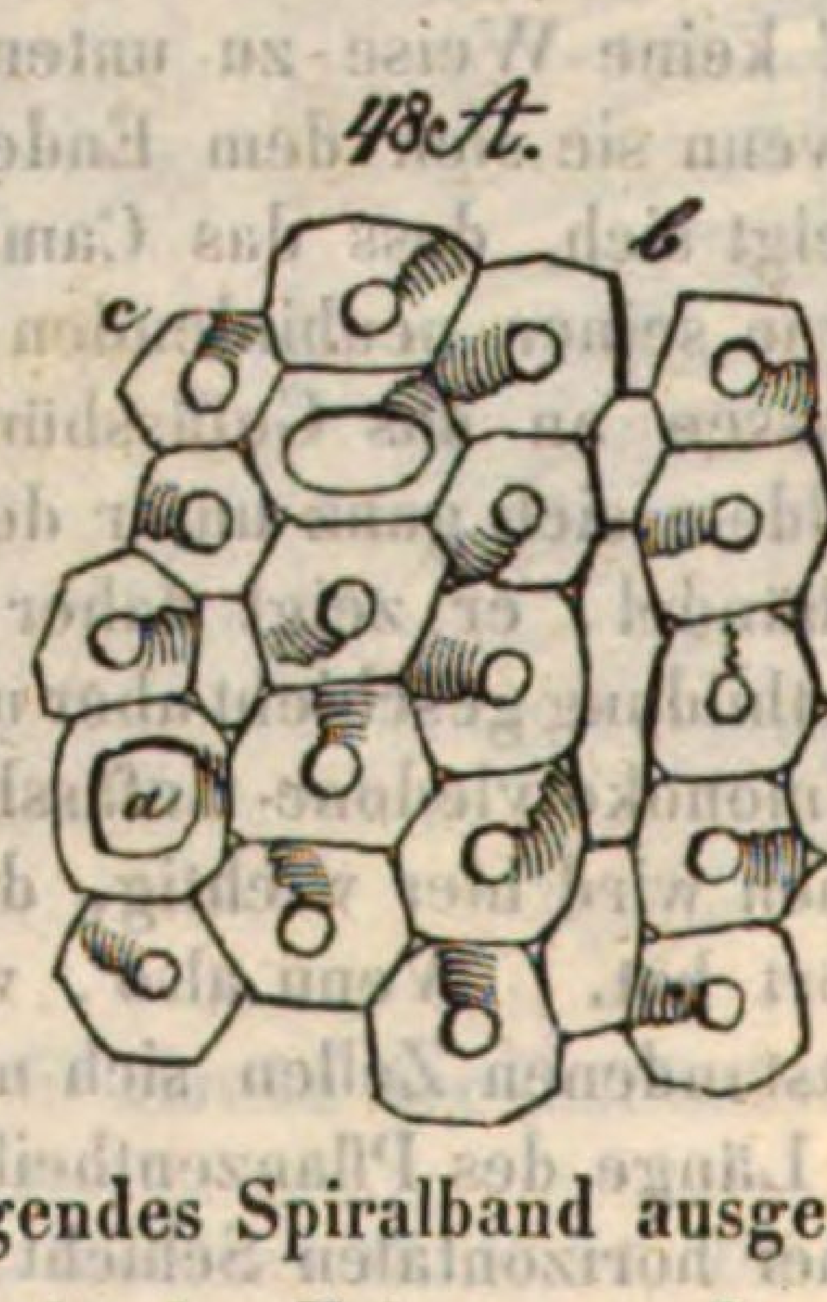
nannte Eigenheit nicht immer charakteristisch genug ausgedrückt hat. Ferner *Moldenhauer*, Beiträge, S. 126 ff.

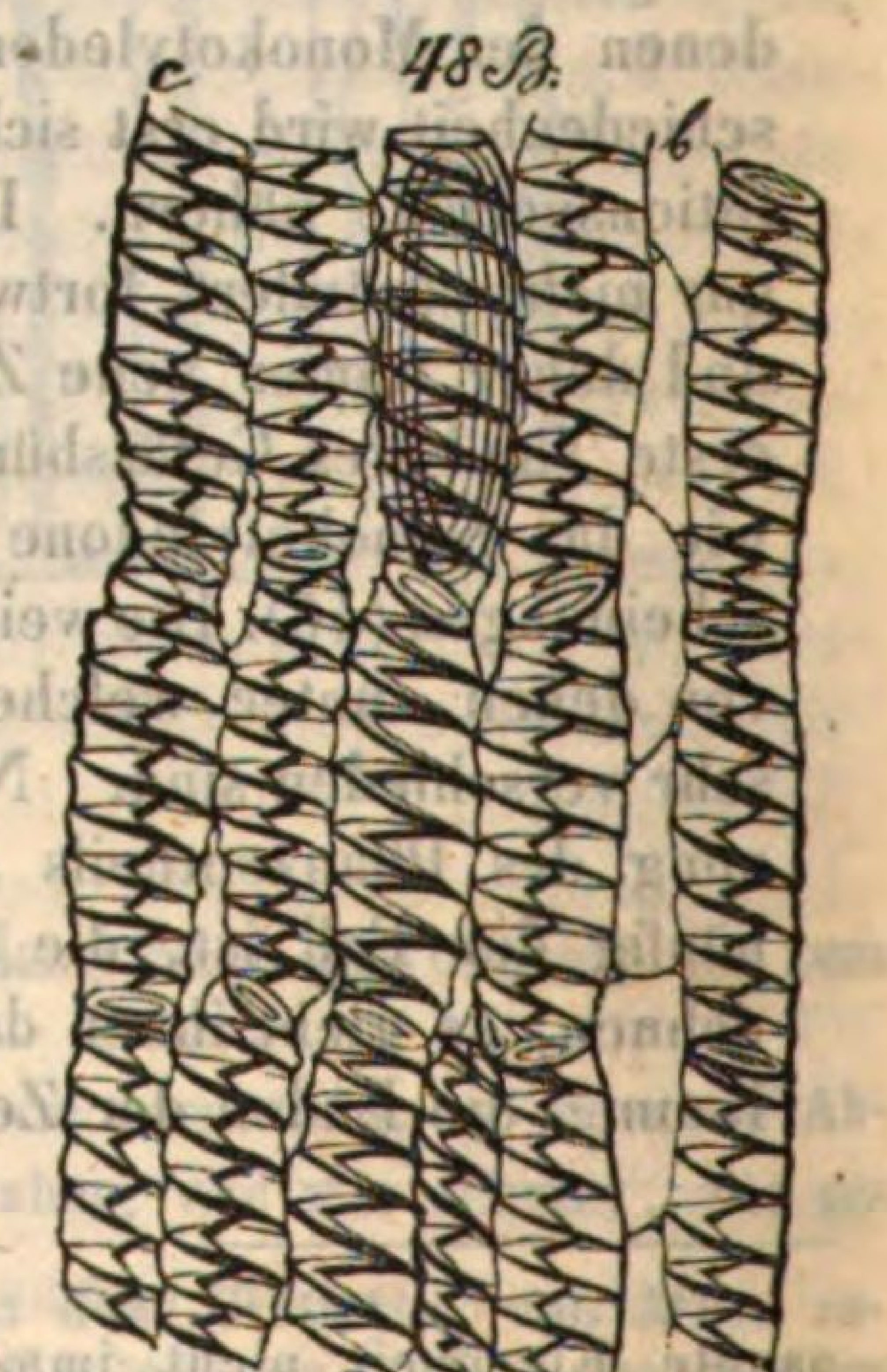
46. Succedanes ungeschlossnes Gefässbündel aus *Vicia faba* im Längsschnitt. Der Pfeil bezeichnet die Richtung vom Mark zur Rinde, *a* Cambialcellen.

zwischen die Endungen der drüber und drunter liegenden Zellen und spitzen sich dabei zu. Bei allen neu entstandenen Holzzellen bemerkt man, dass sie kürzer als die alten und ihre Enden abgerundet sind, die eigentliche Form der Prosenchymzellen erhalten sie erst später. In dem ersten Theil des Gefässbündels findet man auch niemals solche Zellen; die innersten sind langgestreckte Parenchymzellen und gehen dann nach Aussen ganz allmälig in die Holzzellen über. Es kommen aber auch Fälle vor, wo eine solche Ausdehnung der neu entstehenden Zellen über das ihnen vergönnte Längenmass nicht stattfindet, und dann besteht das ganze Holz nur aus parenchymatischen Zellen, z. B. bei *Bombax pentandra*, *Carolinea minor*, (ob bei allen Bombaceen?). Man bemerkt aber bei dem spätern Product der bildenden Thätigkeit des Cambiums einen grossen Unterschied in seiner Ausbildung, jenachdem die Zellen mehr oder weniger als Holzzellen (*prosenchyma*) ausgebildet werden und jenachdem sie gleichförmig oder verschiedenartig gebaut sind. Die einfachsten Holzarten auf der einen Seite sind diejenigen, bei denen alle Zellen ganz gleichartig entwickelt sind und daher eine Unterscheidung von Zellen und sog. Gefässen nicht anwendbar ist. Solches finden wir bei den Coniferen und Cycadeen: lange prosenchymatische, gleich weite Zellen mit 1—8 Reihen von Poren besetzt (47, *A. B.*)



Davon weicht das Holz der Mamillarien wenig ab. Auf den ersten Blick glaubt man auch hier ganz gleichförmiges Gewebe etwas gestreckter cylindrischer Zellen zu sehen, die auf das Zierlichste durch ein weit in die Zelle hineinragendes Spiralband ausgezeich-



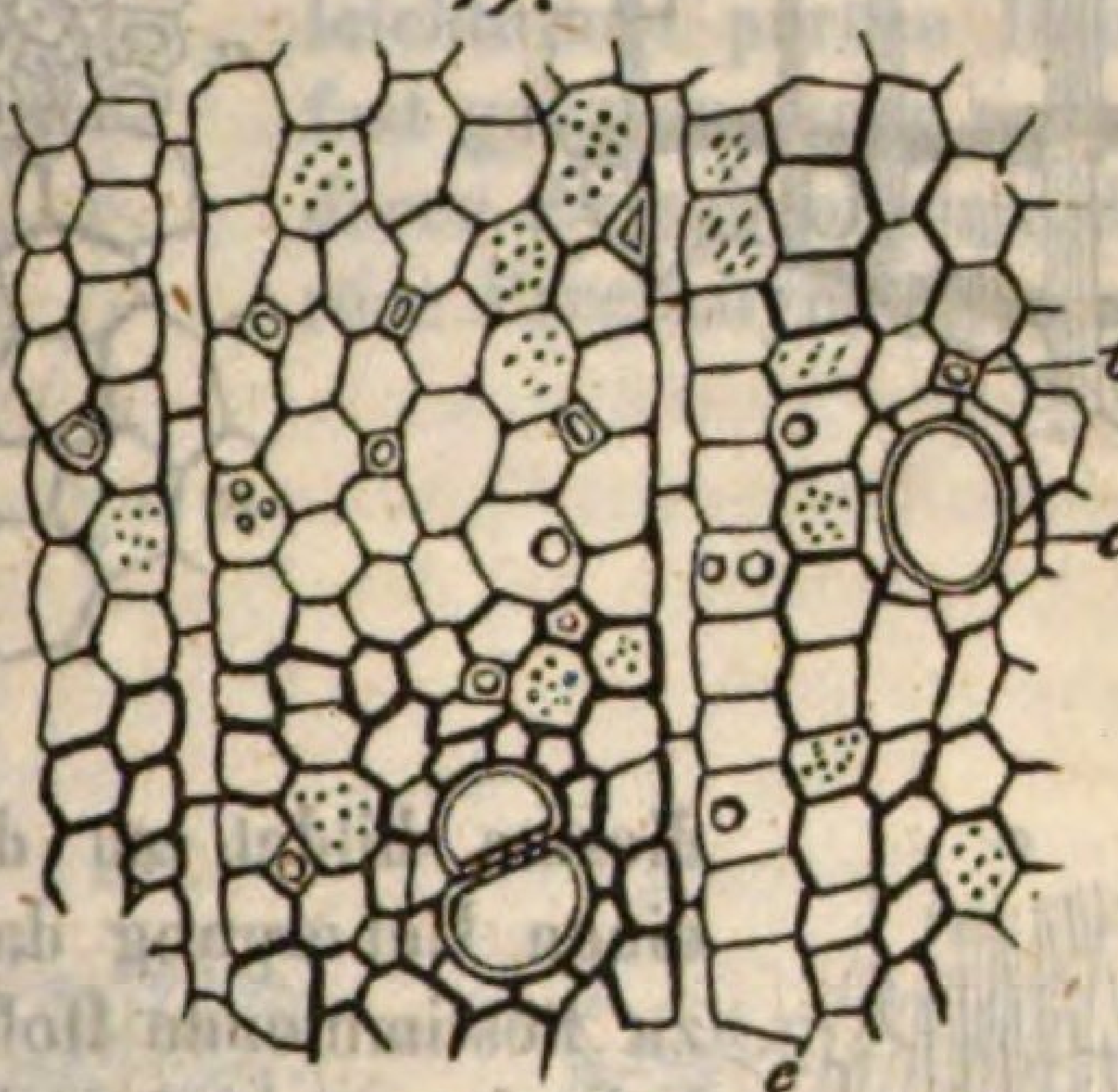


47. *A.* Querschnitt des Holzes von *Cycas revoluta*, *B.* Längsschnitt desselben parallel den Markstrahlen. *a.* In beiden Figuren Markstrahlenzellen. Die sehr langgestreckten Holzzellen haben auf ihren Wänden zahlreiche grosse Poren.

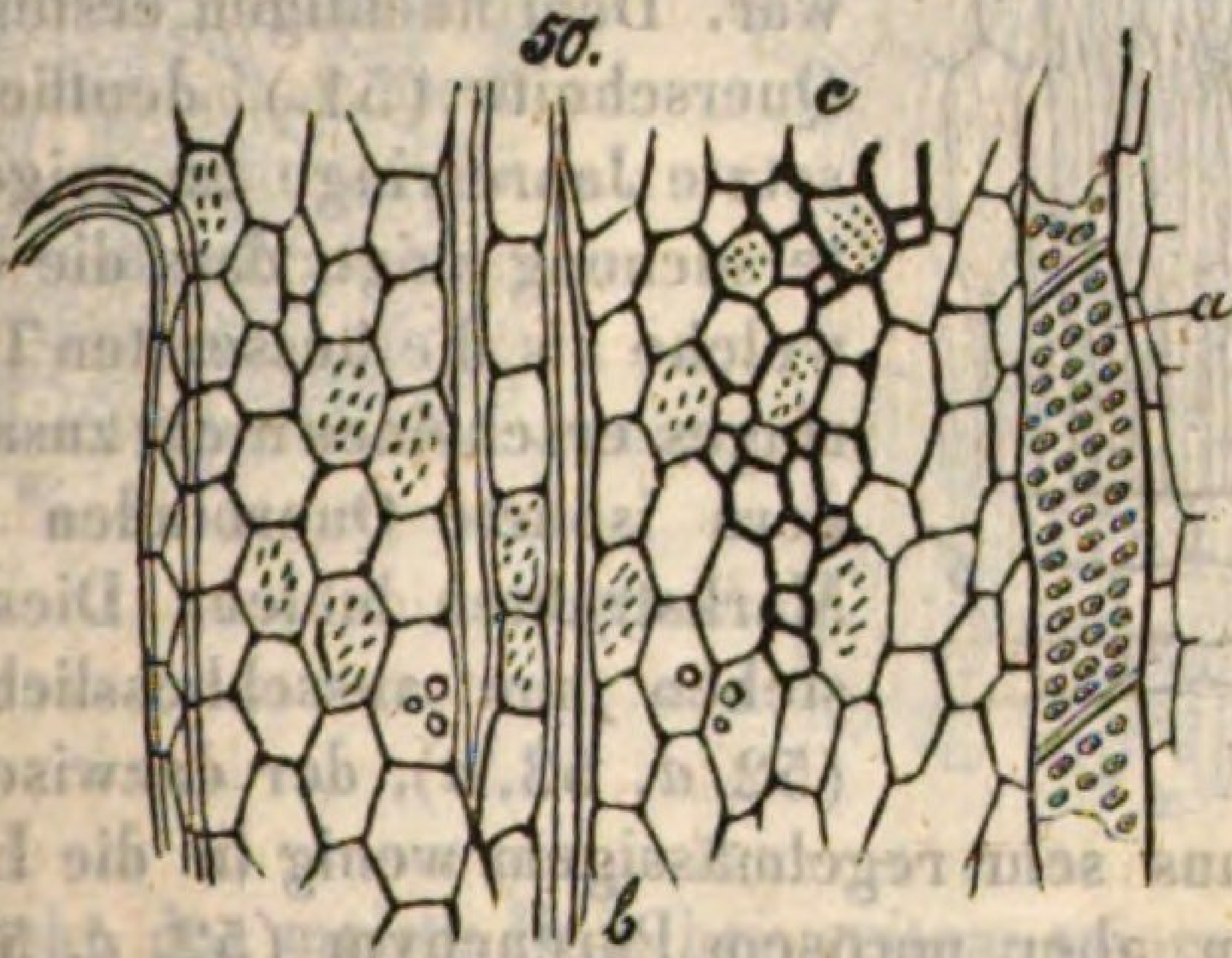
48. *A.* Querschnitt des Holzes von *Mamillaria quadrispina*. *B.* Längsschnitt desselben parallel der Rinde. Sämmtliche Zellen enthalten spiralig gewundene Plättchen (*c*), nur wenige unterscheiden sich dadurch, dass die Plättchen etwas schmäler sind (*a*). Diese Zellen führen nur Luft und communiciren in senkrechten Reihen, *b.* Markstrahlenzellen.

net sind (48. *B.*). Bei grösserer Aufmerksamkeit erkennt man aber auf dem Quer- und Längsschnitt Zellenreihen, bei denen die Spiralfiber weniger weit in die Zelle hineinragt, die mit einander in offener Communication stehen und Luft führen (48 *A*, *a*. *B*, *a*.). Dies ist schon die einfachste Form der sog. Gefässe.

49.



50.



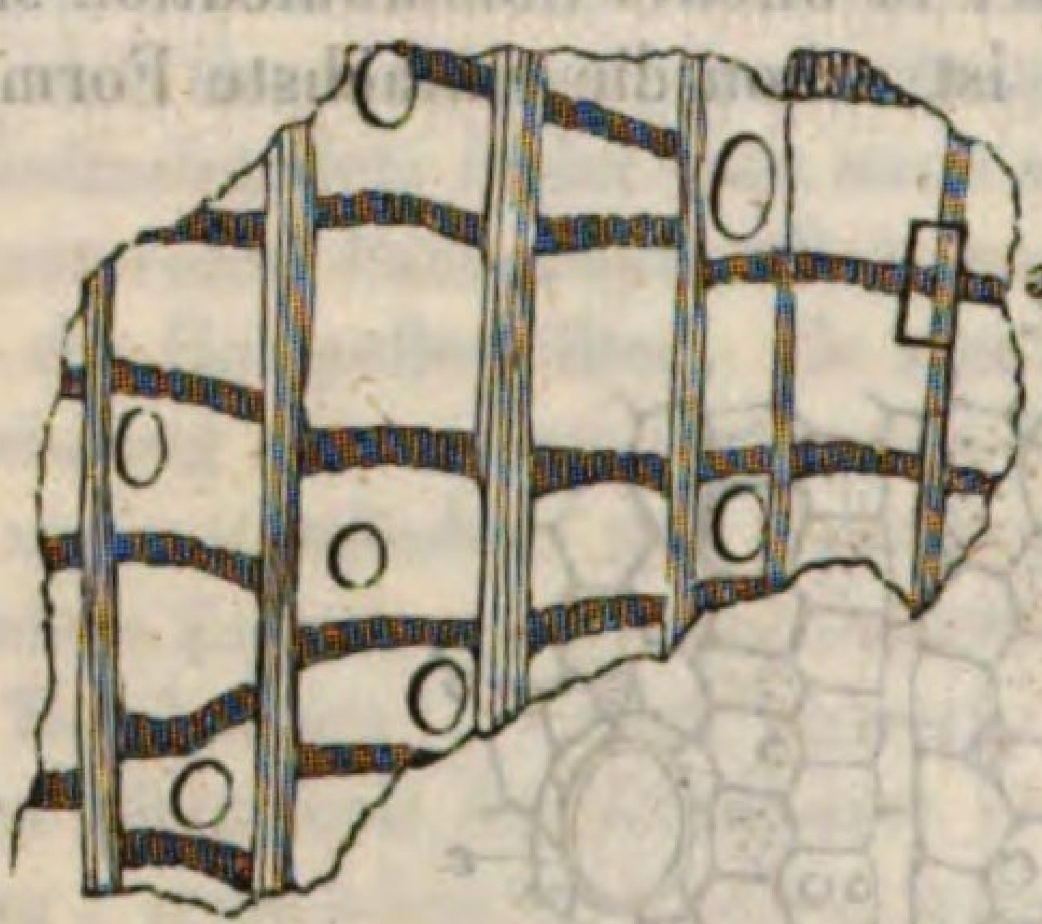
In anderer Weise finden wir das einfachste Holz bei *Carolinea minor*. Es ist äusserst leicht und weich (wie Kork, aber nicht so elastisch) und besteht ausschliesslich(?) aus ziemlich regelmässigen kaum in die Länge gestreckten Parenchymzellen, die etwas porös sind, und einzelnen Reihen in offner Communication stehender sehr viel weiterer und längerer cylindrischer und deutlich poröser Zellen (sog. Gefässe). Dem ganz ähnlich ist das Holz von *Bombax pentandra* (49, 50) wo sich zwischen den parenchymatischen Zellen ganz vereinzelte lange

49. Querschnitt des Holzes von *Bombax pentandra*. Das ganze Holz besteht aus dünnwandigem, aber porösem Parenchym (*c*), in welches nur einzelne dickwandige Holzzellen (*b*) eingestreut sind. Schmale Markstrahlen aus einzelnen Zellenreihen durchziehen das Holz in ziemlich regelmässigen Abständen. In der untern Hälfte des Schnitts sind die Zellenwände unmerklich dicker, wodurch die Grenze zweier Jahresringe angedeutet ist. Einzelne oder paarweise aneinanderliegende poröse Gefässe durchziehen das Holz z. B. bei dem oberen *c*.

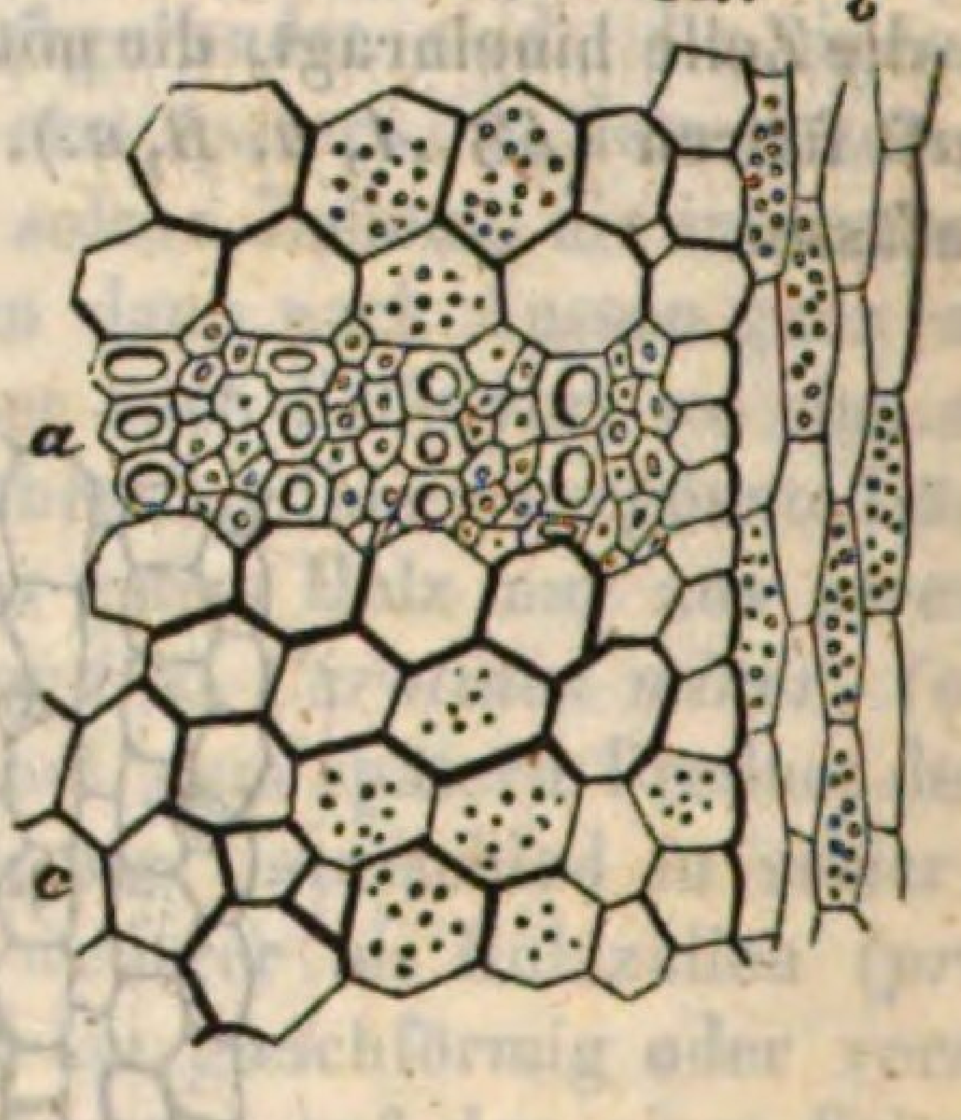
50. Längsschnitt desselben Holzes *a*. poröses Gefäss, *b*. Holzzelle, *c*. Parenchym.

aber ziemlich dünnwandige Prosenchymzellen einfinden (49, 50. *b.*). Von

51.



52.



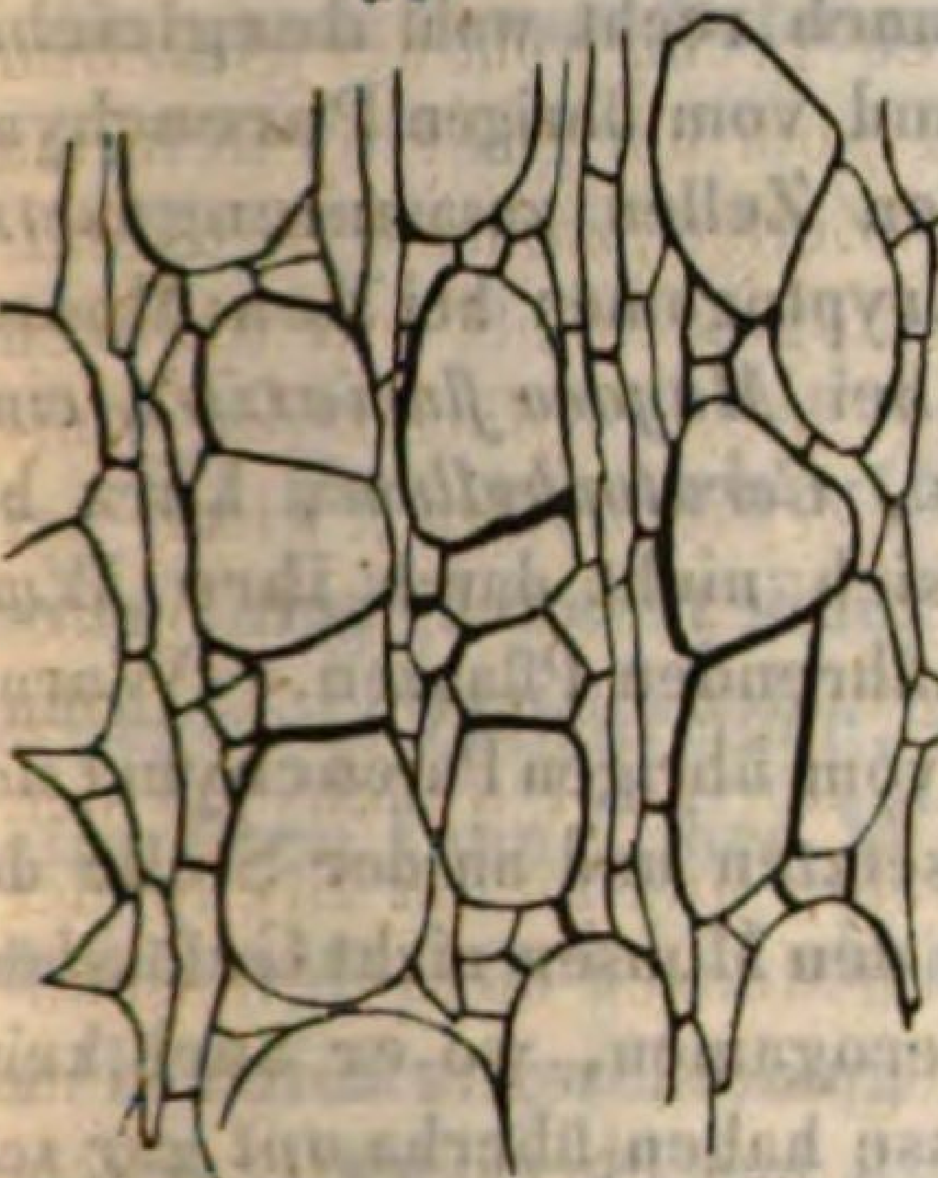
53.



diesem bildet zu dem gewöhnlichen Holz einen Uebergang das für mich leider nicht zu bestimmende Holz, aus welchem der Dekkel eines chinesischen Kästchens gemacht war. Dem flüchtigen ersten Blicke schien der Querschnitt (51.) deutliche, scharf abgesetzte Jahresringe zu zeigen. Genauere Untersuchung zeigt, dass die dunkleren Streifen, welche als die äussersten Theile eines Jahresringes erscheinen nicht zusammenhängen, sondern isolirte Querbinden zwischen je zwei Markstrahlen bilden. Diese Querbinden bestehen nun ausschliesslich aus Prosenchym (52, *a.* 53, *a*), der dazwischen liegende Theil des Holzes aber aus sehr regelmässigem wenig in die Länge gestrecktem ganz dünnwandigem, aber porösem Parenchym (52, *c.* 53, *c.*). Nur sehr vereinzelt finden sich in dem parenchymatischen Theile dieses Holzes einige weite Gefässe (51.).

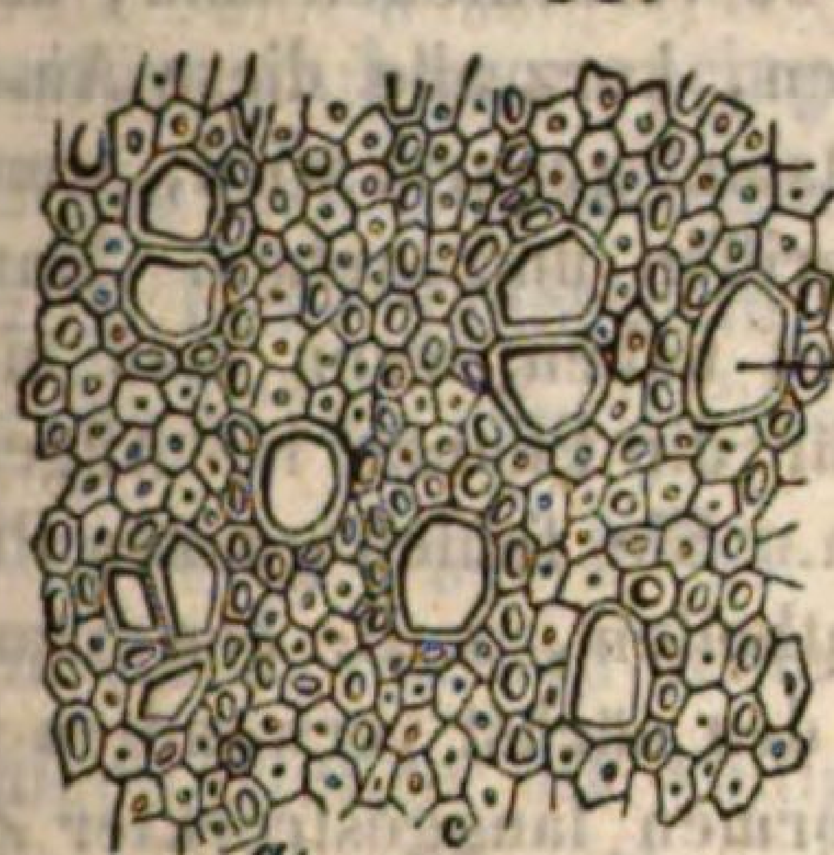
51. Querschnitt von dem Holze, welches den Deckel eines chinesischen lackirten Kästchens bildete, bei schwacher Vergrösserung. Beim ersten Anblick wird man versucht die dunkleren Querbinden für die Grenzen der Jahresringe zu halten. Eine genauere Betrachtung zeigte aber, dass sie gar eigentlich nicht zusammenhängen, sondern nur zwischen je zwei Markstrahlen sich erstrecken. Das kleine bei *x* bezeichnete Stückchen ist Fig. 52 stärker vergrössert und man sieht hier, dass die dunkleren Bänder aus schmalen Streifen verdickter Holzzellen (*a*) bestehen, welche mit dünnwandigem porösen Parenchym (*c*) abwechseln. Zwischen Holzzellen und Markstrahlen liegt stets noch eine Lage dünnwandiger Parenchymzellen. Zwischen den Holzzellen finden sich radiale Reihen etwas weiterer und weniger dickwandiger Holzzellen. Auch die dünnwandigen Markstrahlenzellen (*b*) sind sämmtlich porös. Fig. 53. ist ein Längsschnitt parallel den Markstrahlen, an welchem die Buchstaben *a. b. c.* dieselbe Bedeutung haben. Durch das Parenchym des Holzes verlaufen einzelne grosse poröse Gefässe die nur Fig. 51. im Querschnitt dargestellt sind.

54.

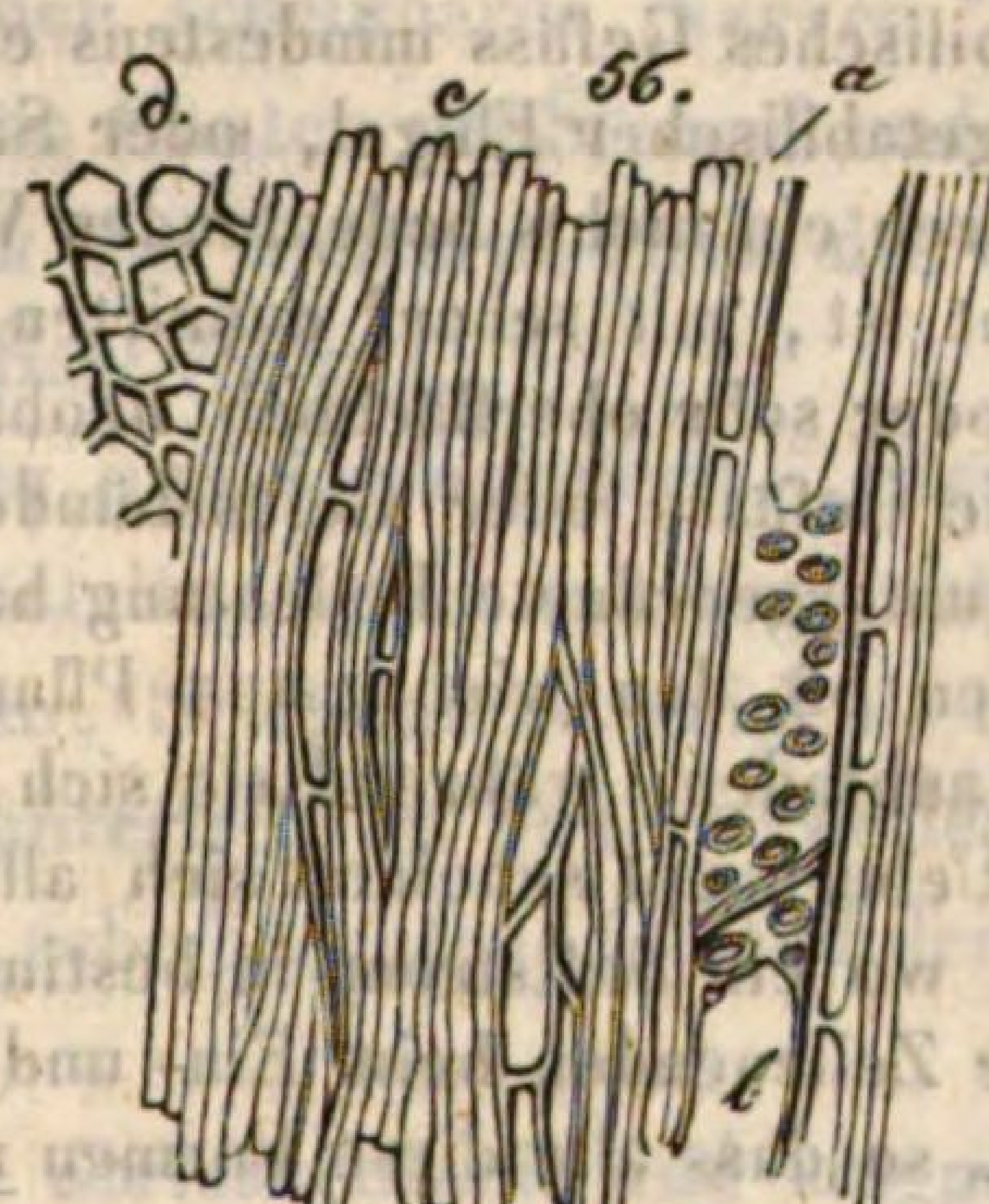


Im Gegensatz dazu besteht das äusserst leichte und poröse Holz der *Avicennia*arten fast ganz aus sehr weiten porösen Gefässen, deren Zwischenräume durch sehr wenige poröse Parenchymzellen erfüllt sind (54.).

55.



56.



Endlich besteht das meiste Holz bei weitem seiner grössten Masse nach aus ziemlich langgestreckten dickwandigen Prosenchymzellen und bald mehr bald weniger porösen Gefässen (55., 56.).

Wie aus der ganzen vorhergehenden Erörterung hervorgeht, sind die Gefässe eine im Ganzen sehr unwesentliche Modification des Zellgewebes,

54. Querschnitt des äusserst leichten und schwammigen Holzes einer *Avicennia*. Das Holz besteht fast ganz aus sehr weiten porösen Gefässen nebst sehr wenigen dünnwandigen parenchymatischen Zellen.

55. Querschnitt des sehr schweren und dichten Holzes von *Mahonia nepalensis*. Die ganze Masse besteht aus sehr dickwandigen Holzzellen (*c*) und weiten porösen Gefässen (*b*). Selbst die Zellen der kleinern Markstrahlen (*a*) sind sehr dickwandig und kaum von den Holzzellen zu unterscheiden. Zur Erläuterung dient Fig. 56. ein Längsschnitt desselben parallel der Rinde. Die Zellen der kleinen Markstrahlen (*a*) sind parenchymatisch, senkrecht bedeutend in die Länge gestreckt, zuweilen selbst etwas prosenchymatisch. Die porösen Gefässe (*b*) haben zum Theil sehr grosse Poren. Die Holzzellen sind sehr lang und dicht an einander gelegt. *d*. sind die Zellen eines durchschnittenen grossen Markstrahls.

und deshalb darf man sich auch nicht durch den einmal angenommenen Namen Gefässbündel irren lassen. Es kann auch recht wohl dergleichen ohne Gefässe geben, nur aus langgestreckten uud vom übrigen Parenchyma sich mehr oder weniger scharf unterscheidenden Zellen zusammengesetzt. Solche Gefässbündel findet man unter den Kryptogamen bei den Moosen und Lebermoosen, unter den Phanerogamen bei *Mayaca fluviatilis*, einigen *Potamogeton*arten, *Najas* und *Caulinia*, *Ceratophyllum*, kurz bei ganz unter Wasser wachsenden oder doch sich nicht durch ihre Wurzeln, sondern durch ihre ganze Oberfläche ernährenden Pflanzen. Warum man den aus länger gestreckten, dickwandigen, vom übrigen Parenchyma sich deutlich unterscheidenden Zellen zusammengesetzten und an der Stelle der Gefässbündel liegenden Ring oder Cylinder bei den Moosen nicht Gefässbündelkreis nennen will, so gut wie bei den Phanerogamen, wo er auch keine Gefässe enthält, sehe ich nicht ein. Die Gefässe haben überhaupt gar sehr die Botanik verwirrt. Es ist Zeit, dass wir einsehen, dass thierisches und vegetabilisches Gefäss mindestens eben so verschieden sind, als thierischer und vegetabilischer Flügel, oder Saamen, kurz alle diese Ausdrücke, wo man durch ein nichts bedeutendes Wortspiel genarrt wird, wenn man nicht gewohnt ist, mit scharf definirten Begriffen umzugehen. Man muss sehr wenig oder sehr oberflächlich beobachtet haben, wenn man nicht einsieht, dass die Gefässe oder Gefässbündel für die Pflanze im Allgemeinen eine höchst untergeordnete Bedeutung haben. Sie fehlen ganzen Pflanzen oder einzelnen oft den wichtigsten Pflanzentheilen, z. B. den Saamenknospen, dem Staubfaden, während sie sich bei den nächst verwandten Pflanzen finden. Ueberhaupt scheinen sich alle Formen langgestreckter Zellen da zu bilden, wo ein Saftstrom in bestimmter Richtung thätig ist, dadurch werden die Zellenenden beim Ein- und Ausströmen stärker ernährt, also verlängert, so dass alle diese Formen nicht Ursache oder Organ der Saftbewegung, sondern Folge derselben sind. Da aber bei dem beständigen Stoffwechsel überhaupt der Lebensprocess in diesen Zellen rascher verläuft und sie stärker ernährt und folglich verdickt werden, so hören sie auch überhaupt bald auf, die Saftbewegung nur zu gestatten, sie sind die am frühesten absterbenden, ja schon sehr früh (wenn man so sagen darf) relativ todten Zellen. Die Saftbewegung wird daher fortwährend gezwungen, sich in der Pflanze neue Wege zu suchen, so bildet sie bei Kryptogamen und Monokotyledonen neue Gefässbündel, bei Dikotyledonen zieht sie sich immer weiter in die jüngsten Theile des sich fortbildenden Gefässbündels, oder vielmehr sie verursacht, dass beständig ein Theil der vom Cambium producirten Zellen wieder zu langgestreckten Gefässbündelzellen wird.

Die ganze Darstellung der Lehre von den Gefässbündeln, so wie ich sie hier gegeben habe, darf ich wohl als mir eigenthümlich ansprechen. Die ersten Grundzüge dazu theilte ich schon früher mit *). Alles Wesentliche bezieht sich aber nur auf Stengel und ächte Wurzel, nicht auf die Ad-

*) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. I, S. 220. (Botanische Beiträge Bd. I. S. 29.)

ventivwurzeln, bei denen noch einige Eigenheiten stattzufinden scheinen, die einer fernern Untersuchung bedürfen.

§. 27.

E) Bastgewebe (*tela fibrosa*). Dies wird von Zellen gebildet, die so lang gestreckt sind, dass man sie nicht wohl mehr als übereinanderliegende Zellenreihen, sondern nur als nebeneinanderliegende Fasern betrachten kann; ihre Wände sind dabei stark, oft zum Verschwinden des Lumen verdickt, ohne in der Regel eine bedeutende Configuration der Verdickungsschichten zu zeigen, dabei aber meist sehr weich und biegsam. Diese Zellen kommen selten einzeln in Mark und Rinde, häufiger in Bündeln (Bastbündeln) in den scheinbaren Nerven *) flacher, schmaler Blätter, in hervorspringenden Kanten der Stengel und sehr häufig in der Nähe der Gefässbündel an der äusseren Seite des Cambiums vor, im letzten Falle nennt man sie Bast (*liber*).

E) Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Dies sind eigenthümliche sehr lange, selten verästelte Zellen mit verdickten Wänden, die sehr feine, oft sich kreuzende, Spiralfasern zeigen, deren Lumen an einigen Stellen oft völlig obliterirt, an andern Stellen, wo sie auffallend blasig angeschwollen sind, sehr bedeutend ist und deren Inhalt ein ächter Milchsaft ist.

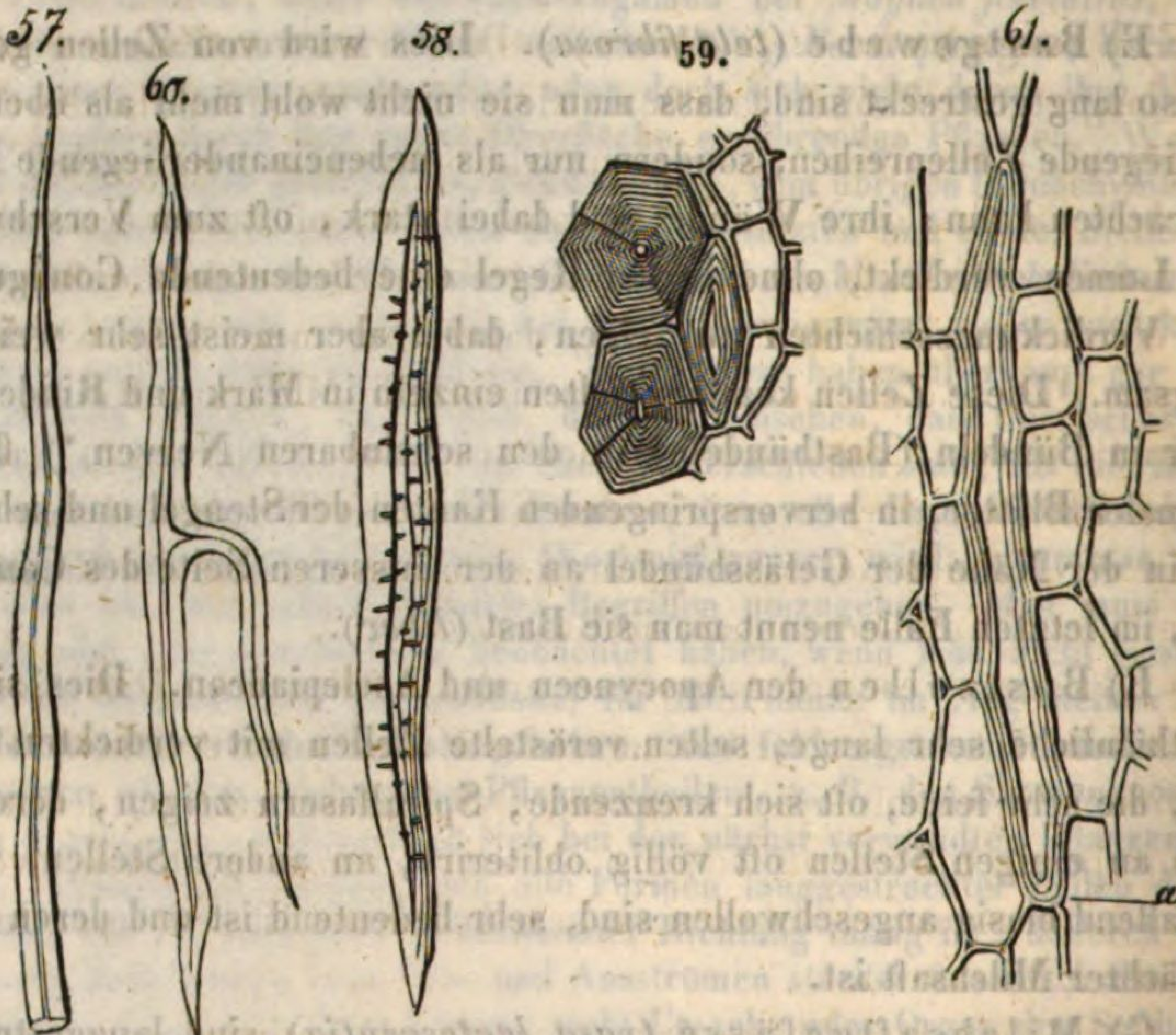
G) Milchsaftgefässe (*vasa lactescentia*) sind langgestreckte, häufig vielfach nach allen Richtungen hin verästelte Zellen (?), zuweilen mit dünnen homogenen, oft (besonders im Alter) mit schichtenweis verdickten, spiralig gezeichneten Wänden (letzteres z. B. bei den blattlosen Euphorbien), einen farblosen oder verschiedenfarbigen Milchsaft führend.

Nirgends in der Pflanzenanatomie drängen sich wohl mehr unerledigte Fragen auf, nirgends ist durch wiederholte und ausführliche Untersuchungen besonders der Entwickelungsgeschichte noch so viel zu leisten, als bei den drei im Paragraph genannten Geweben. Meine bisherigen Beobachtungen ergeben Folgendes:

Die Bastfasern sind in den jüngsten Theilen der Knospe, wo sie noch erkannt werden können, ganz kurze fast spindelförmige Zellen, die mit ihren spitzen Enden zwischen einander geschoben liegen; sowie sich

*) die nicht immer Gefässbündel sind.

der Theil, dem sie angehören, ausdehnt, dehnen sie sich auch aus, aber in bei weitem stärkerem Verhältniss, so dass sie sich immer mehr zwischen einander drängen und zuletzt der Länge nach einander liegen. Ich bezweifle nicht, dass sie auf dieselbe Weise, wie das Prosenchym aus ursprünglich parenchymatischen Zellen entstanden sind.



Von ihnen zu den langgestreckten parenchymatischen Zellen giebt es eine Menge Uebergänge, und zwar so stetig, dass man bei vielen Gebilden durchaus nicht sagen kann, welcher Form sie zugerechnet werden sollen. Solche Mittelformen kommen besonders häufig bei den Monokotyledonen in der Nähe der Gefässe vor, doch auch bei Dikotyledonen, z. B. bei einigen Cacteen (61). Sowie sie sich den kürzeren Zellen nähern, tritt auch die Configuration der Wände und zwar als porös und aus vielen scharf abgesetzten Schichten bestehend deutlicher hervor (58, 59). Will man als wesentliches Kennzeichen festhalten, dass die Bastzellen an beiden Enden allmälig gleichförmig zugespitzt und stark verdickt sind, so gehören die von

57. Oberes Ende einer Bastfaser aus *Tilia europaea*.
58. Eine Bastfaser kurz, dick und porös aus der *China regia*.
59. Querschnitt dreier Bastfasern und einiger Parenchymzellen aus der *China regia*. Die Bastzellen zeigen sehr schön die schichtenweise Verdickung und die zarten Porencanäle.
60. Eine verästelte Bastzelle aus dem Marke von *Rhizophora Mangle*.
61. Eine Mittelbildung zwischen Bast und Parenchymzelle (*a*) aus der Rinde der verhüllten Wurzeln von *Maxillaria atropurpurea*.

mir entdeckten*) verästelten Zellen in den Fruchtknoten einiger Aroideen (bei *Monstera* und *Scindapsus*) und in dem Mark von *Rhizophora Mangle* (60) ohne Zweifel auch hierher.

Die gewöhnlichen Bastzellen sind so lang, dass man bei einigermassen starker Vergrösserung sie niemals ganz übersehen kann (57) und nächst den Zellen einiger Charen und einigen Pollenschläuchen wohl die längsten, die bei den Pflanzen vorkommen. Einzelne Bastzellen habe ich zu 4 und 5″ bestimmt, obwohl ich keine Aufgabe daraus gemacht habe, die grössten zu finden. Die verästelten Bastzellen (60) schliessen sich eben ihrer Verästelung wegen an die folgenden Bildungen an.

62.



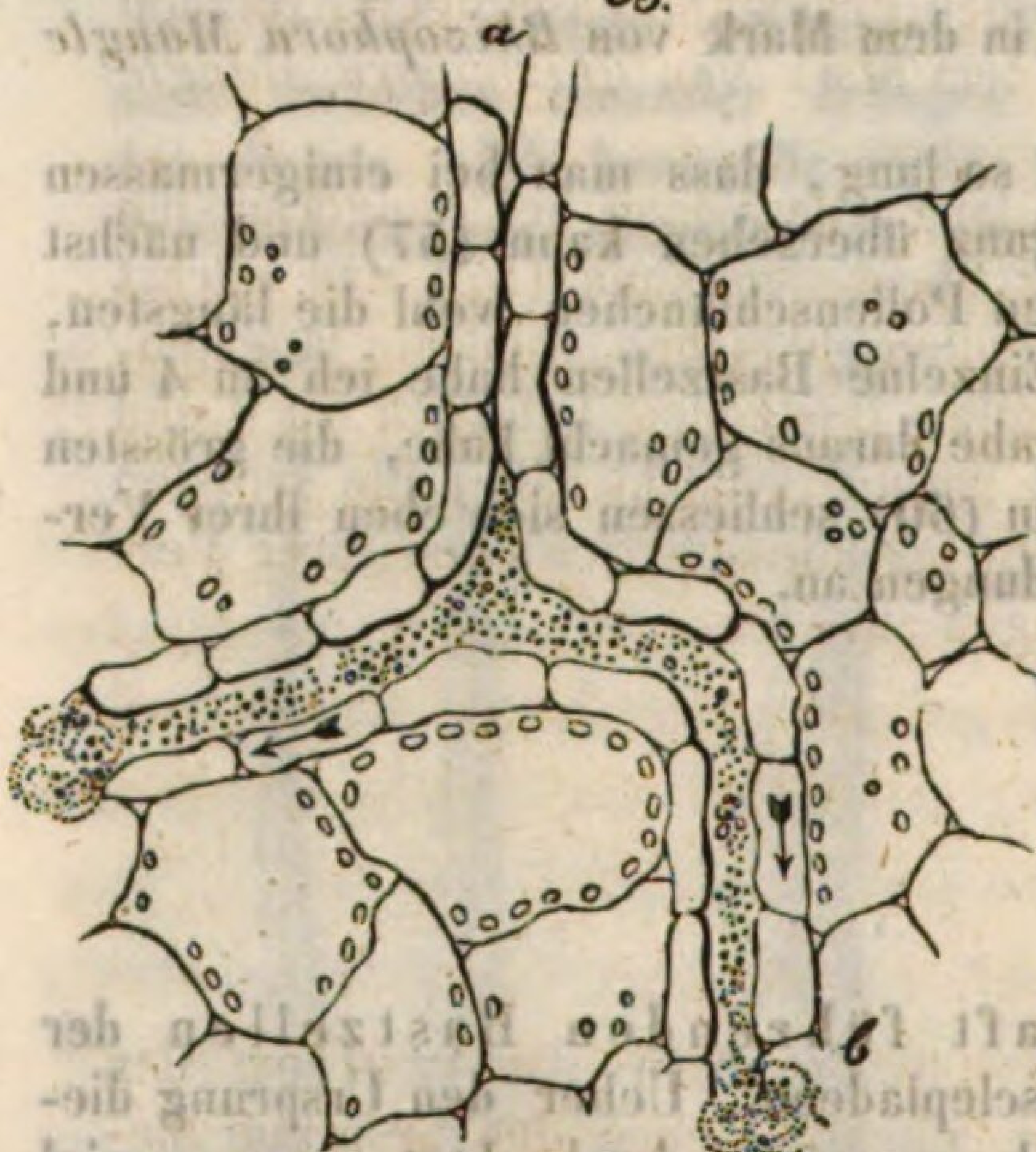
Die Milchsaft führenden Bastzellen der Apocyneen und Asclepiadeen. Ueber den Ursprung dieser Organe ist noch gar nichts beobachtet, nur so viel ist gewiss, dass sie häufig Milchsaft führen, einzeln oder in kleinen Bündeln in der Nähe, oder an der Stelle der Bastbündel liegen (welche dagegen fehlen) und zuweilen verästelt vorkommeu, z. B. bei *Hoja carnosa* (nach *Meyen*), sehr schön bei *Sarcostemma viminale*. Die Configuration ihrer Wände ist ganz dieselbe, wie bei ächten alten Milchsaftgefässen.

Auffallend ist die Erscheinung des so sehr ungleichen Durchmessers ihrer Dicke und ihres Lumen. Auf die unregelmässigste Weise erscheinen sie oft perlschnurförmig angeschwollen und ebenso ist ihre Höhlung oft sehr weit, oft bis zum vollständigen Verschwinden verengt.

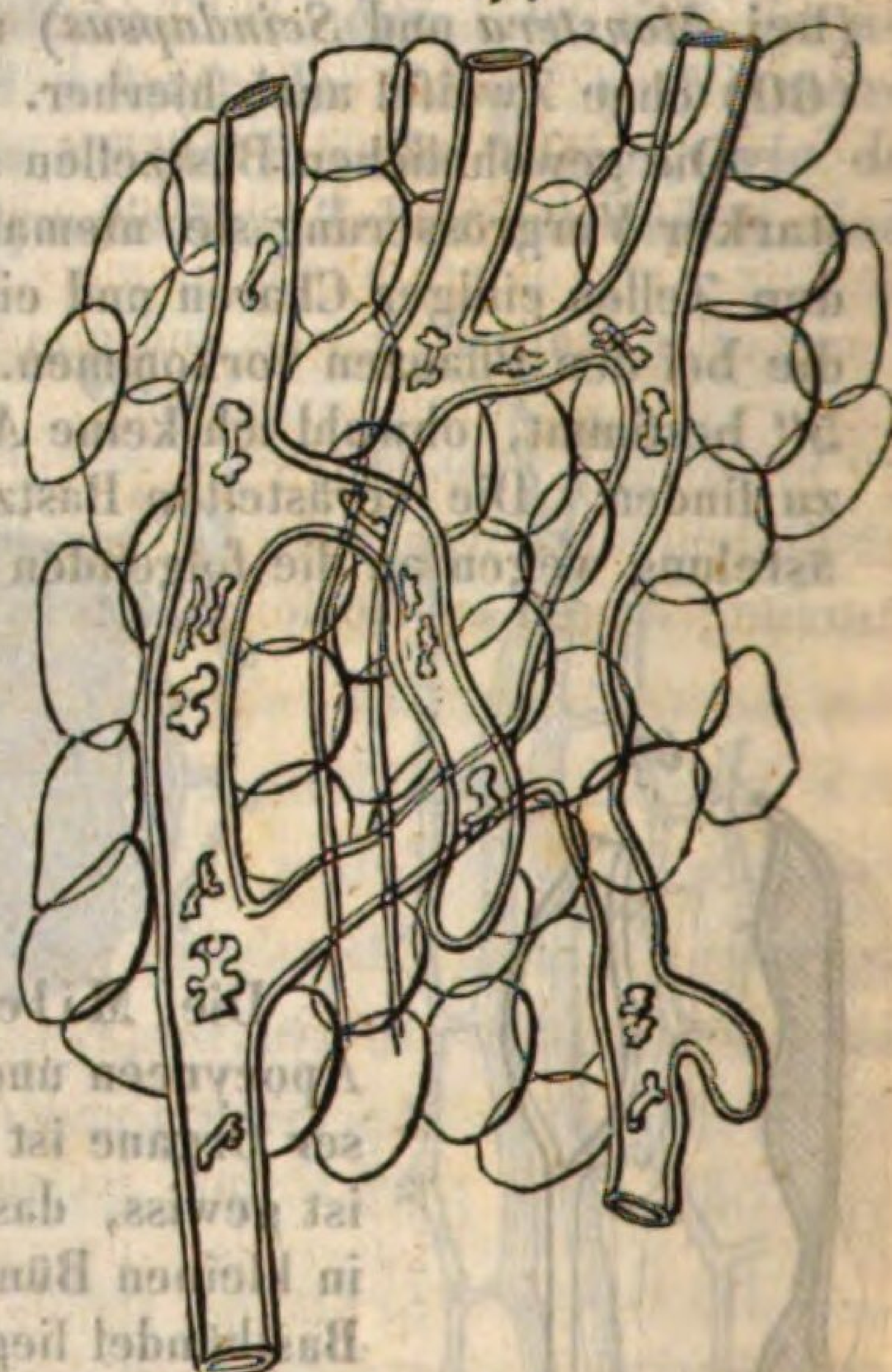
*) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. I., S. 231. (Botanische Beiträge Bd. I. S. 42.)

62. Mittelbildung zwischen Bastzelle und Milchsaftgefäss aus der Rinde von *Ceropegia dichotoma*. Die Spiralige Streifung ist in der Zeichnung nur in der einen Hälfte ausgedrückt.

63.



64.



65.

A. B.



Die Milchsaftgefässe sind ebenfalls hinsichtlich ihres Ursprungs noch unerforscht. Sie treten zuerst auf als erweiterte Intercellulargänge und man unterscheidet keine eigne Haut, die aber so dünn seyn kann, dass man sie nicht bemerkt (63). Was aber auffallend erscheint, ist, dass man ihre Haut auch an den Fugen zweier anliegenden Zellen nicht bemerkt, wo sie doch einen Intercellulargang bilden müssten, wie es alle ächten Zellen thun; auch sieht man an ältern isolirten Gefässen häufig Eindrücke und hervorspringende scharfe Kanten, so dass sie genau in die umgebenden Zellen gepasst haben müssen (65 *A*, *B*). Sie sind meist so vielfach und nach allen Seiten hin verästelt, dass es sehr selten gelingt eine Zelle in ihrem ganzen Verlauf zu übersehen (64), doch gelingt es,

63. Milchsaftgefässe aus dem Blatte von *Limnocharis Humboldti*. Erst während der Beobachtung entleerte sich das obere Ende (bei *a.*) und fiel zusammen. Die Pfeile zeigen die beobachtete Richtung des Ausströmens an. Jedes Milchsaftgefäss ist von zwei Reihen schmaler, etwas längerer Parenchymzellen (*b.*) eingefasst.

64. Längsschnitt aus der Rinde von *Euphorbia trigona*, parallel den Markstrahlen. Man erkennt vielfach anastomosirende und verästelte, aber auch deutlich hin und wieder blind geendete Milchsaftgefässe und in ihnen die seltsam unregelmässigen Stärkemehlkörperchen.

65. *A.* Ein schichtenweise verdicktes Milchsaftgefäss aus einem alten Stamme (Rinde) von *Euphorbia coerulescens* im Querschnitt, nebst den Wänden der das-

wenn man das Gewebe durch Salpetersäure in seine Theile zertrennt. Auch ohne dieses Mittel sieht man, dass sie sich zwar meist durch die ganze Länge eines Pflanzentheils erstrecken, aber dann oft blind geendet sind, an den Seitenästen sieht man das, zumal bei den blattlosen Euphorbien so häufig (64), dass man sich wundern muss, wie darüber nur Streit entstehen konnte. An älteren Gefässen, besonders leicht in den Stämmen der blattlosen Euphorbien, unterscheidet man leicht die spiralige Streifung und die schichtenweise Verdickung der Wände (64), so dass die weitere Entwickelung dieser Bildungen doch ganz mit der der Zellen übeinstimmt.

In ihrem Verhältniss zu einander scheinen sich diese drei Formen des Gewebes sowie die Milchsaftbehälter ohne eigne Wände (vergl. §. 32. B. b. 1. *β.*) völlig gegenseitig zu vertreten, namentlich findet man an der bestimmten Stelle vor den Gefässbündeln des Stengels bald Milchsaftbehälter, z. B. bei *Mamillaria*, bald Bast bei *Cereus*, bald Mittelbildungen, wie bei den Apocyneen und Asclepiadeen, die bei einigen mehr den Bastzellen gleichen, bei andern, z. B. *Sarcostemma viminale*, von den Milchsaftgefässen nicht zu unterscheiden sind. Nimmt man dazu die verschiedenen Uebergänge, die zwischen den im Paragraphen genannten Geweben stattfinden, so kann man kaum zweifeln, dass allen eine gleiche Bedeutung für die Pflanze zukomme.

Geschichtliches und Kritisches. Der Bast und die Milchsaftbehälter waren schon den ältesten Beobachtern bekannt, die eignen Wände der letzten sah schon *Mirbel*, doch wurden sie durch *Schultz**) genauer beobachtet, der überhaupt grössere Aufmerksamkeit erst auf diese Gebilde lenkte und durch seine mit vieler Arroganz und Selbstgefälligkeit vorgetragene, mit falschen Beobachtungen, unbegründeten Phantasien und andern Verkehrtheiten überladene Theorie einen heftigen Streit unter den Botanikern erregte. Das Hauptresultat desselben ist jetzt die allgemeiner gewordene Ueberzeugung, dass allerdings ein grosser Theil der Milchsaftgefässe eigne Wände hat. *Schultz's* Theorie über die Entstehung der Milchsaftgefässe ist ganz aus ungenügenden Beobachtungen hervorgegangen und jetzt völlig antiquirt. *Unger* meinte sie entständen aus dem Zusammenfliessen von Zellenreihen, ich glaube er wird durch jede genaue Untersuchung widerlegt. Die Entdeckung der Bastzellen der Apocyneen gehört *Mirbel***). *Meyen* schreibt sich in seiner Physiologie (I. S. 107) die Entdeckung zu, in der citirten Stelle steht aber nichts davon. *Mohl****)

*) Ueber Circulation des Saftes im Schöllkraut. Berlin, 1821. Natur der lebenden Pflanze. Berlin, 1832.

**) *Annales des sciences nat.* 1835. *I. p.* 143.

***) Erläuterung meiner Ansicht über Structur der Pflanzensubstanz. Tübingen, 1836 S. 22.

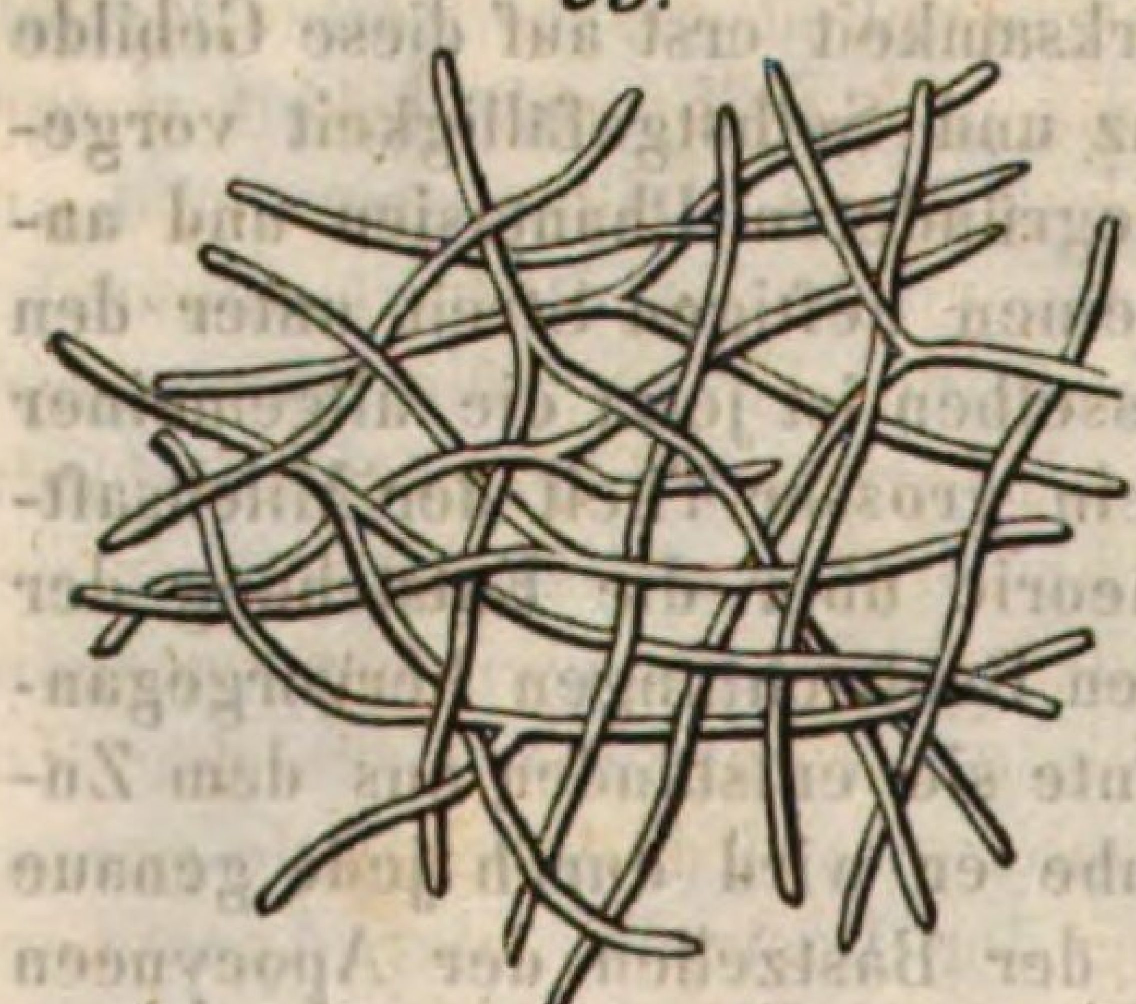
selbe einschliessenden Zellen. *B.* Dasselbe im Längsschnitt durch Maceration isolirt, man sieht an den Grenzen, dass sich das Gefäss genau in die Fugen der anliegenden Zellen eingedrängt hat.

lehrte uns aber diese Bastzellen zuerst genauer kennen. Ueber die Entstehung der Bastzellen hat *Meyen* *) eine eigene Ansicht vorgetragen. Sie sollen aus dem Zusammenschmelzen von Reihen parenchymatischer Zellen entstehen, denn in der Knospe von *Aesculus* sähe man an der Stelle der späteren Bastzellen senkrechte Reihen Parenchymzellen, die ganz den Umriss der Bastzellen hätten, und beim Kochen mit Salzsäure zersprängen die Hanffasern in kleine Stücke, die genau wie jene Zellen einzeln genommen aussähen. *Meyen* hat sich die Sache wieder einmal sehr leicht gemacht. Beim Kochen mit Salzsäure erhält man Hanffaserstückchen von sehr verschiedener Länge, selbst die kürzesten sind oft noch so lang wie ein ganzes Internodium aus einer *Aesculus*-knospe. Ein solches Internodium ist höchstens ¼ Linie lang, eine Bastfaser der Kastanie 4—6 Zoll. Es braucht nicht mehr zur Widerlegung.

§. 28.

H) Filzgewebe (*tela contexta*) besteht aus sehr langen, dünnen, fadenförmigen, vielfach gewundenen und unter einander geschlungenen Zellen. Es ist doppelt:

66.



a) Bei den Pilzen als ein ganz weiches für das Gefühl fast talgartiges und leicht zerfliessliches Zellgewebe.

b) Bei den Flechten als ein dürres, zähes, aus gabelig verästelten Zellen verfilztes Gewebe.

*) *Wiegmann's* Archiv 1839, Bd. 2, S. 26.

66. Filzgewebe aus der sogenannten Markschichte der *Cetraria islandica* auf einem Schnitt parallel der Fläche.

§. 29.

1) **Epidermoidalgewebe** (*tela epidermoidea*) ist im Allgemeinen die äusserste Zellenschicht einer Pflanze, soweit sie durch Form oder Inhalt sich von dem, was sie bedeckt, unterscheiden lässt, und kommt nur bei den höheren Kryptogamen und den Phanerogamen vor. Man muss unterscheiden:

a) **Die Oberhaut**, eine continuirliche Zellenschicht. Diese ist eine dreifache nach den Medien, worin sie sich entwickelt:

1) *Epithelium.* Höchst zartwandige mit homogenem, durchsichtigem, ungefärbtem Safte erfüllte Zellen, die der Fläche nach, ohne Intercellulargänge zu bilden, aneinander schliessen. Bei sich bildenden Pflanzentheilen immer vorhanden, länger bleibend nur in geschlossenen Höhlen, z. B. im Fruchtknoten, es ändert sich später meist um, entweder in

2) *Epiblema*, etwas derbwandige, nach Aussen abgeplattete, aber sonst nicht sehr flache Zellen ohne nach Aussen mündende Intercellulargänge, die sich im Wasser oder in der Erde entwickeln, oder in

3) *Epidermis.* Diese besteht aus meistentheils sehr flachen tafelförmigen Zellen, deren Wände besonders nach der Seite und nach Aussen derber zu seyn pflegen. Sie schliessen sich überall eng aneinander, nur an bestimmten Stellen bleibt bei den meisten Pflanzen ein Intercellulargang, durch den die Intercellulargänge oder -räume des darunter liegenden Parenchyms frei mit der Luft communiciren können. An der innern Mündung dieses Intercellularganges lagern sich (mit Ausnahme von *Salvinia* und *Marchantia*) zwei halbmondförmige, mit den concaven Seiten sich zugekehrte Parenchymzellen, die je nach ihrer augenblicklichen Turgescenz eine grössere oder kleinere Spalte zwischen sich lassen, oder eng zusammen liegen und so den Intercellulargang verschliessen. Diese beiden Zellen sammt dem Intercellulargang nennt man Spaltöffnung (*stoma*).

b) **Die appendiculären Organe**, welche alle sich über die Fläche erhebenden aus Zellen bestehenden Gebilde umfassen. Hierher gehören:

1) Papillen (*papillae*), blosse Ausdehnungen der äusseren Zellenwand entweder als kleine Hügel (besonders auf Blumenblättern), oder als Blasen (z. B. bei *Mesembryanthemum crystallinum*), oder als scheinbare Haare (z. B. die sogenannten Wurzelhaare).

2) Haare (*pili*), aus einer oder mehreren dünnwandigen der Epidermis aufgepflanzten Zellen von sehr verschiedener Form und Anordnung bestehend. Beispiele sind einfache Haare (*pili simplices*), verästelte Haare (*p. ramosi*), sternförmige Haare (*p. stellati*), Schüppchen (*lepides*), geknöpfte Haare (*p. capitati*); Drüsenhaare (*p. glanduliferi*), wenn die oberen Zellen einen eigenthümlichen Saft absondern u. s. w.

3) Borsten (*setae*), steife, dickwandige, stechende Zellen.

4) Brennhaare (*pili urentes*), steife, dickwandige, entweder in eine Spitze oder in ein oft zur Seite gebogenes Knöpfchen auslaufende und an der Basis dünnwändigere, keulenförmig angeschwollene, von einer Anzahl warzenförmig über die Epidermis sich erhebender Zellen umschlossene Zellen, die meistens einen ätzenden Saft enthalten.

5) Stacheln (*aculei*), aus mehreren steifen, dickwandigen, fest verbundenen Zellen, die eine scharfe Spitze bilden, bestehend.

6) Warzen (*verrucae*), aus mehreren derben Zellen halbkugelig oder ähnlich zusammengesetzt.

c) Korksubstanz (*suber*). In den Epidermiszellen sammelt sich oft ein grumöser Stoff, aus welchem sich flache, tafelförmige Zellen entwickeln, die Epidermiszellen sprengen und dann zum Theil das bilden, was wir Borke, oder wo es stark entwickelt und elastisch ist, auch wohl Kork nennen, z. B. an saftigen Früchten, besonders aber an Stengeln vom zweiten Jahre ihres Lebens an, auffallend bei *Quercus suber*.

d) Wurzelhülle (*velamen radicum*). Bei den meisten tropischen Orchideen und einigen Aroideen liegt auf der Epidermis der Wurzeln (Adventivwurzeln) eine Schicht, welche gewöhnlich ganz aus den zierlichsten Spiralfaserzellen besteht, deren Inhalt nur Luft ist.

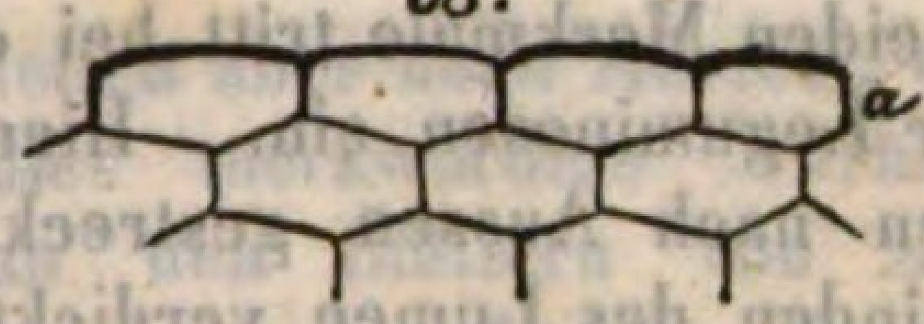
Der Streit über die Natur der Epidermis, der lange Zeit die Wissenschaft bewegt hat, war nur zu einer Zeit möglich, wo trotz aller anschaulichen Erkenntniss doch die Begriffe über die Elementarstructur der Pflanzen noch sehr dunkel und schlecht geordnet waren, und wo man nach an sich falscher Analogie falsche Begriffe von der thierischen Epidermis auch auf die Pflanze übertrug.

Wenn sich bei einer phanerogamen Pflanze irgend ein Theil aus dem Zustande des Cambiums hervorbildet, ist das Erste, was mit leicht erkennbarer Zellenstructur uns entgegentritt, eine Schicht aus einer oder mehreren Lagen zartwandiger, mit homogenem, wasserhellem Saft gefüllter Zellen bestehend, die den sich entwickelnden Theil nach Aussen abgrenzt und bedeckt. Diese sich als Zellen verschiedener Bedeutung ankündende

67.



68.



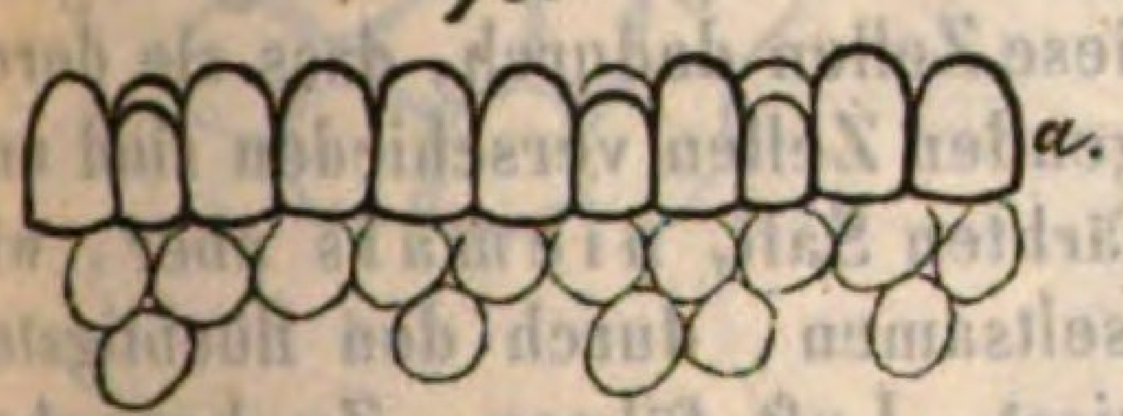
69.



Schicht nenne ich Epithelium (67, *a*). Ganz dasselbe findet man bei den sogenannten kryptogamischen Gefässpflanzen (Farnkräutern, Lycopodien, Equiseten, Rhizocarpeen). Auch bei den höheren Lebermoosen (Marchantiaceen) kommt ein Gleiches vor. Dies Epithelium bildet sich aber nach den verschiedenen darauf wirkenden äusseren Einflüssen sehr verschiedenartig aus. Nur in wenig Fällen, wo es durch andere Pflanzentheile in einer Höhle eingeschlossen gehalten wird, behält es längere Zeit seine Natur als Epithelium bei, z. B. im Fruchtknoten; an der Luft, in Wasser und Erde verändert es sich mehr oder weniger, besonders insofern die Zellen derber werden und sich an der Aussenfläche abplatten (68, *a*), was am meisten in der Luft geschieht (69, *a*), weshalb die meisten Epidermiszellen tafelförmig oder bandförmig erscheinen.

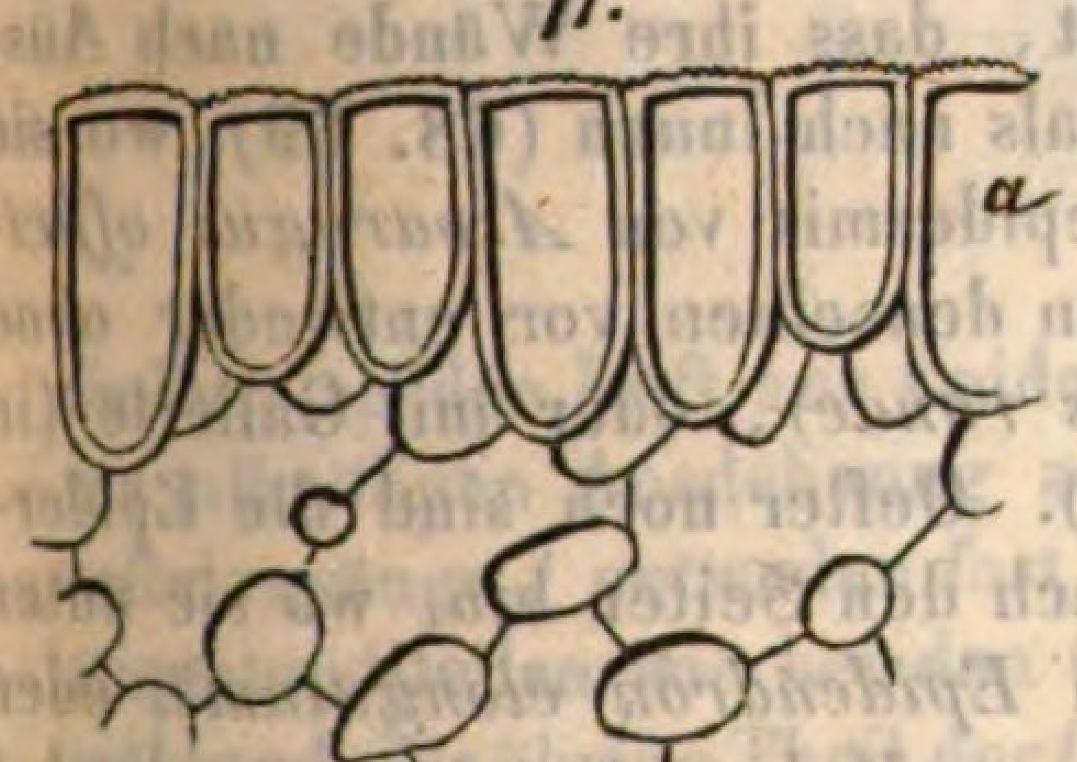
Die verschiednen Erscheinungsweisen sind hier aber ausserordentlich mannigfaltig. Am zartesten sind die Oberhautbildungen bei den sammtartig glänzenden Blumenblättern, wo sich die einzelnen Zellen papillenartig nach Aussen erheben (70, *a*) und so den Uebergang zu den einfachen Haarbildungen machen.

70.



Bei andern Blumenblättern sind sie derber und oft sehr von Innen nach Aussen in die Länge gestreckt (71, *a*). Das Extreme

71.



67. *Epithelium* (*a*) von der Saamenknospe der *Tradescantia crassula* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. Jede Zelle zeigt noch den relativ grossen Cytoblasten. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

68. *Epiblema* (*a*) der Wurzel von *Spirodela polyrrhiza* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche).

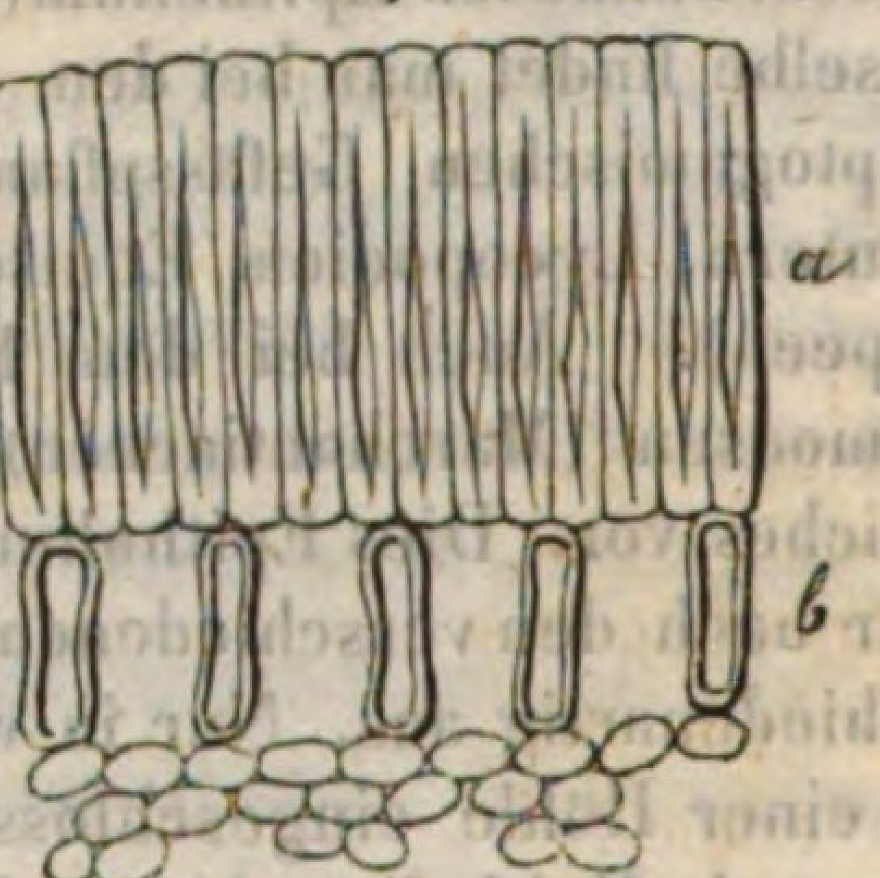
69. *Epidermis* (*a*) der oberen Blattfläche von *Tradescantia discolor* mit einer Lage darunter liegender Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

70. Papillöse Epidermis (*a*) von der unteren Fläche der Blumenblätter von *Iris variegata* nebst einigen darunter liegenden Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

71. Epidermis (*a*) der unteren Fläche der Blumenblätter der weissen Rose; die äussere Fläche der Zellen ist mit zarten Riffeln versehen (*aciculatus*). Darunter liegen einige Zellen des schwammförmigen Parenchyms. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

dieser beiden Merkmale tritt bei der Epidermis einiger Saamen, insbesondere der Leguminosen ein. Hier sind die Zellen ganz lang cylindrisch von Innen nach Aussen gestreckt und oft auf einzelne Strecken bis zum Verschwinden des Lumen verdickt (72, *a*).

72.





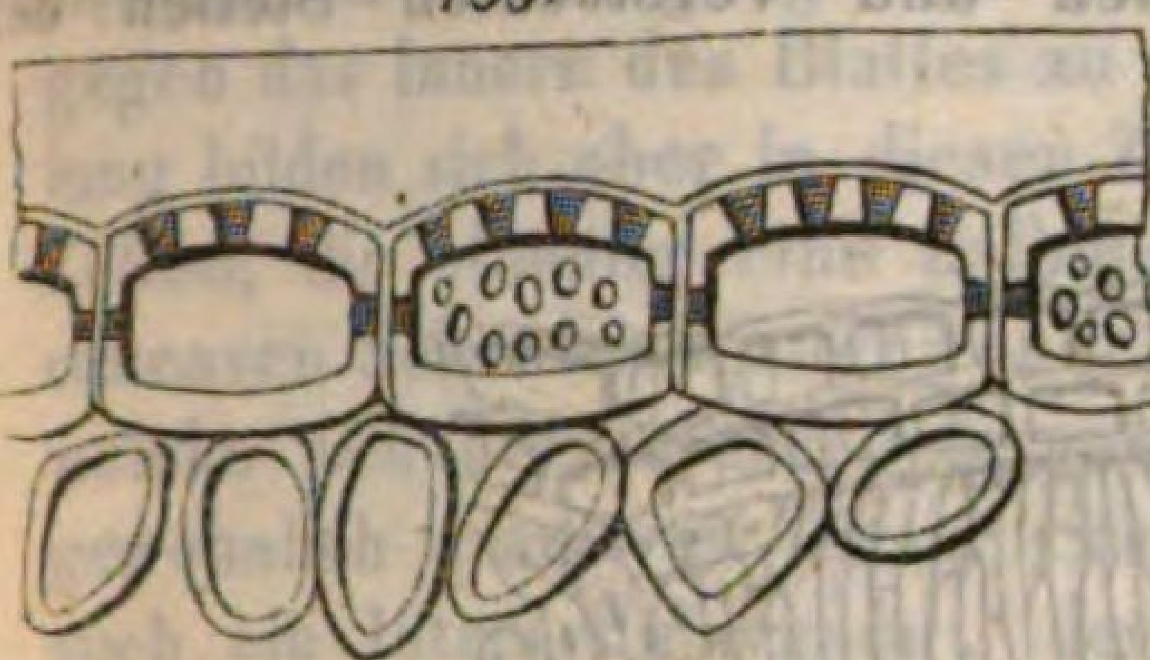
Erst bei der allmäligen Entwickelung der Oberhaut tritt die ungleichförmige Ernährung der Seitenwände auf, wodurch rundliche oder spitze Vorsprünge gebildet werden, die bei benachbarten Zellen ineinandergreifen, so dass die Grenze beider als Wellenlinie erscheint. Auch hier findet in dem mehr oder weniger dichten Aneinanderschliessen der einzelnen Zellen (73) in der Grösse der welligen Ausbiegungen, in der Abrundung oder Begrenzung derselben durch gradere Linien u. s. w. eine grosse Mannigfaltigkeit statt. Immer aber charakterisiren sich diese Zellen dadurch, dass sie durch ihren Inhalt scharf von den darunter liegenden Zellen verschieden sind und einen durchsichtigen, farblosen oder gefärbten Saft, niemals aber, wie es in vielen Handbüchern nach einem seltsamen, durch den flüchtigsten Blick zu widerlegenden, Vorurtheile heisst, Luft führen. Zu bemerken ist hier noch die sehr verschiedene Configuration der Zellenwände der Epidermis. Eine gewöhnliche Erscheinung ist, dass ihre Wände nach Aussen und den Seiten stärker verdickt sind, als nach Innen (68. 69), wo sie dem Parenchym angrenzen (z. B. Saamenepidermis von *Asparagus officinalis.*) Vielfach kommen Spiralbildungen in denselben vor entweder ohne Gallerte (Saamen von *Hydrocharis morsus ranae*), oder mit Gallerte (in dem Pericarpium von *Salvia verticillata*) *). Oefter noch sind die Epidermiszellen porös und zwar nicht selten nach den Seiten hin, wo sie unter einander sich berühren (z. B. am Blatt von *Epidendron elongatum*), oder nach den Parenchymzellen hin (z. B. am *Melocactus*-stamm), höchst

*) Vergl. meine Beiträge zur Phytogenesis in *Müller's* Archiv 1838, S. 151 ff. Meine Beiträge zur Botanik, Bd. 1. S. 134 ff.

72. Epidermis (*a*) des Saamens von *Lupinus rivularis* aus langen stehenden, stark verdickten Zellen. Darunter eine Lage ganz vereinzelter Zellen (*b*) und dann einige Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche).

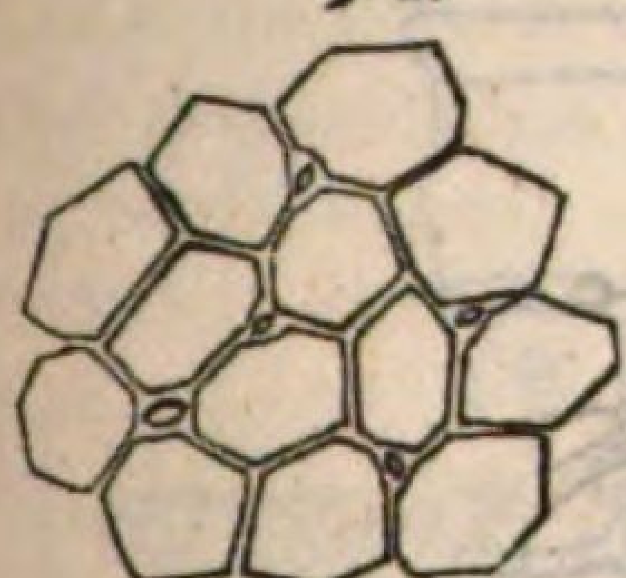
73. Epidermis der Blumenkrone von *Goldfussia anisophylla*. Die sehr flachen Zellen sind ausserordentlich unregelmässig begrenzt und sehr zierlich in einander gefugt (Schnitt parallel der Fläche).

100.

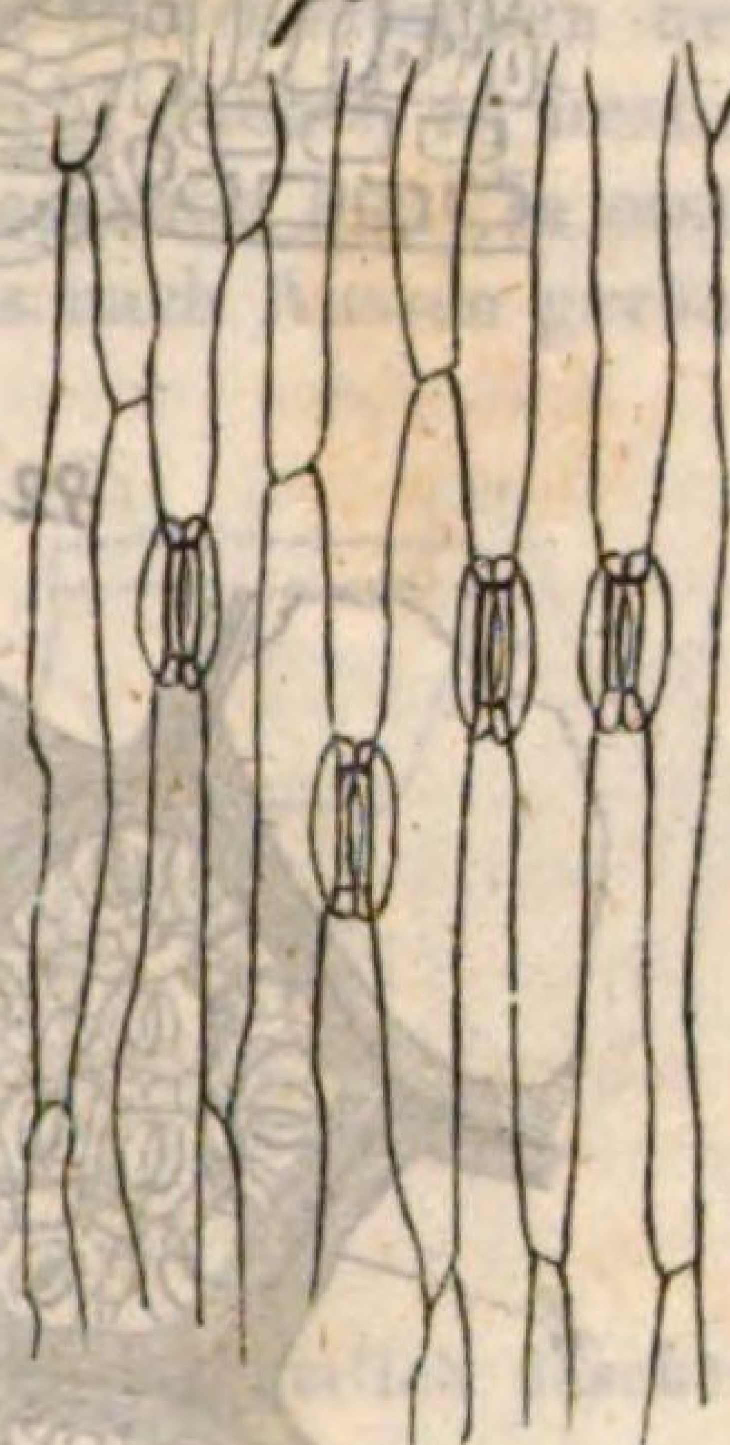


selten aber nach Aussen, doch kommt dies merkwürdige Verhältniss vor an den Blättern von *Abies*; hier hat jede der dickwandigen Oberhautzellen drei bis vier Reihen von Porencanälen, die nach Aussen verlaufen und in einer kleinen rundlichen Höhle endigen. Aehnliches findet sich bei *Cycas* (100). Die Zellen des Epitheliums schliessen so fest aneinander, dass zwischen ihnen kein sich nach Aussen öffnender Intercellulargang sich befindet. Nur wenn sich das Epi-

75.



76.



thelium an der Luft zur Epidermis entwickelt, so weichen die Zellen bei ihrer allmäligen Ausdehnung an den Kanten auseinander und bilden Intercellulargänge, entweder fast überall wie bei *Salvinia*, oder nur an bestimmten Stellen wie bei den übrigen Pflanzen; zuweilen nur gruppenweise, während der übrige Theil der Oberhaut auf grösseren Strecken von diesen In-

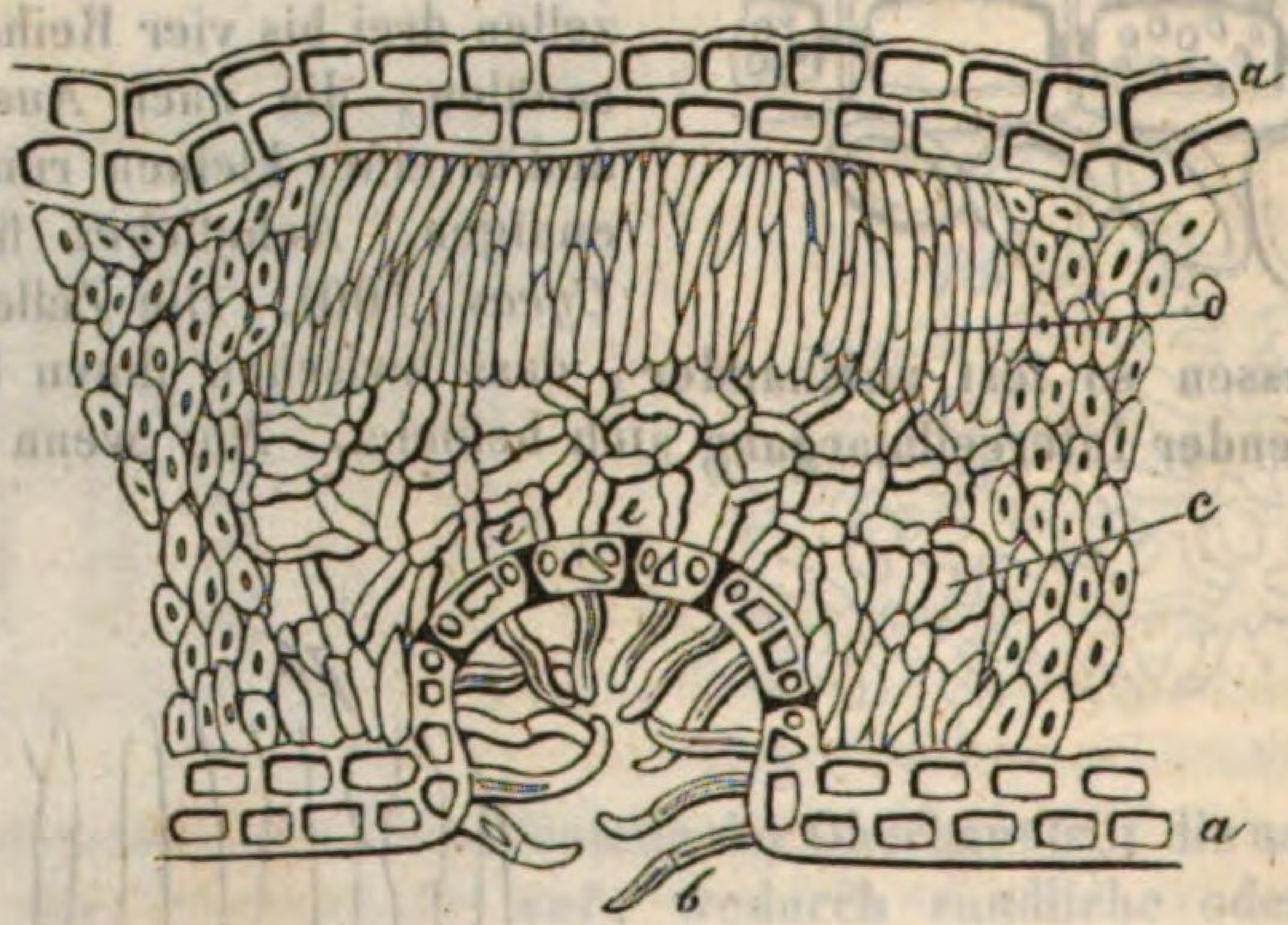
100. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Cycas revoluta*. Die Oberhautzellen (*b*) sind nach den Seiten und nach Aussen porös. Aussen mit der Absonderungsschicht *a* bedeckt.

75. Epidermis der obern Blattfläche von *Salvinia natans* (Schnitt parallel der Fläche). Man bemerkt die Spaltöffnungen in der einfachsten Form als Intercellulargänge zwischen den Oberhautzellen.

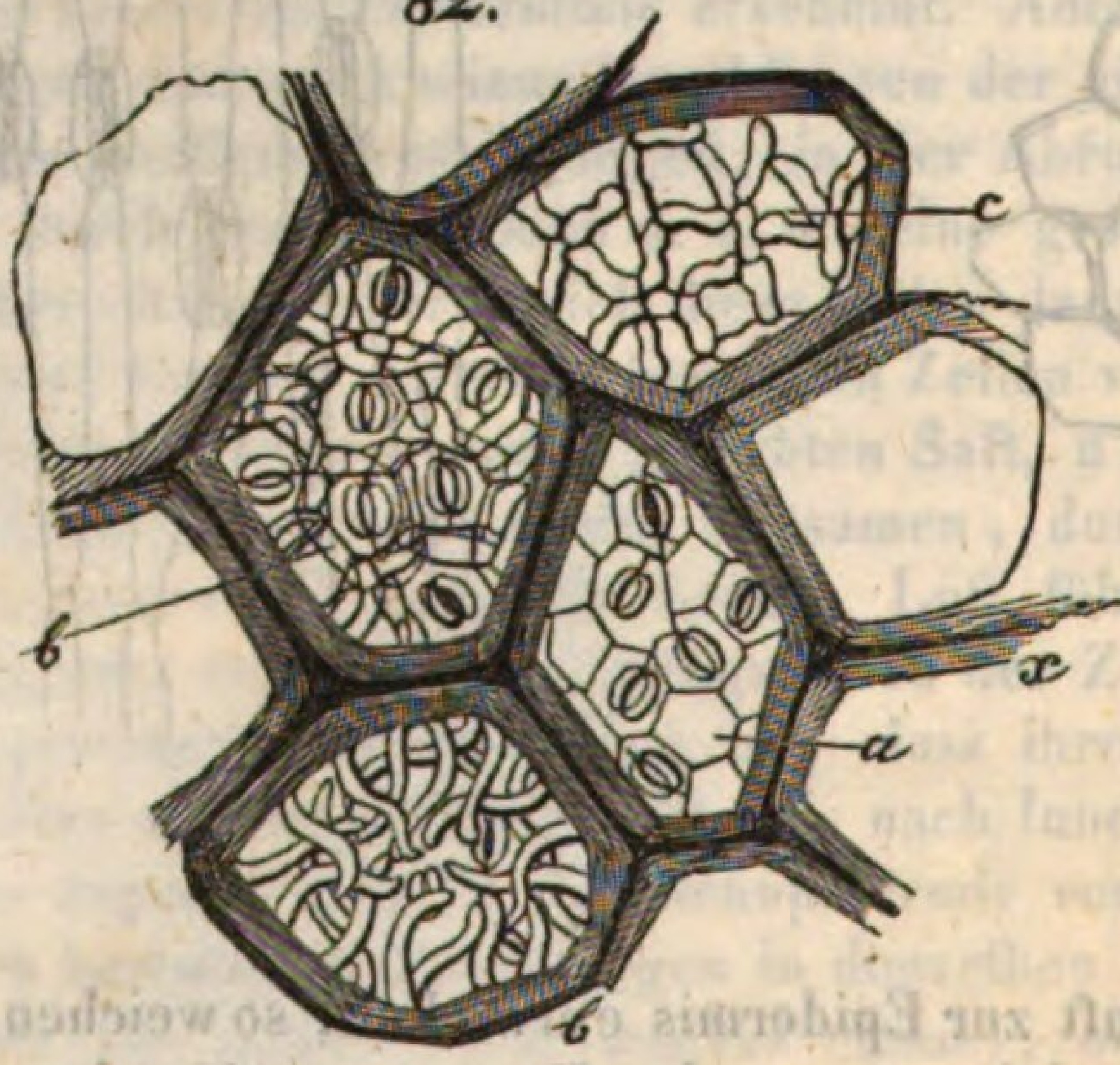
76. Abgezogene Epidermis von einem Allium mit vier Spaltöffnungen.

tercellulargängen frei bleibt (*Saxifraga sarmentosa*) *); zuweilen in bestimmten vertieften, von Haaren umgebenen und versteckten Stellen der

81.



82.



*) Hier sind die Oberhautzellen polygone Platten, nur wo die Spaltöffnungen liegen, sind auch die umgebenden Zellen mit welligen Rändern versehen.

81. Querschnitt durch das Blatt von einer *Banksia*. *a. a.* ist die Epidermis unter welcher auf beiden Seiten noch eine Lage heller Zellen liegt. *c.* ist das schwammförmige Zellgewebe der unteren, *d* das gestreckte stehende Zellgewebe der oberen Blatthälfte, rechts und links sind Bastbündel quer durchschnitten. Bei *a* ist ein Querschnitt durch eines der Grübchen der untern Blattfläche, die mit Haaren ausgekleidet sind und auf deren Grunde sich die eigentlichen Spaltöffnungen (*e*) befinden.

82. Ein Schnitt parallel der unteren Fläche des Blattes von einer *Banksia*,

Oberhaut (wie bei *Nerium Oleander, Banksia* (81, 82) und *Dryandra spec.*). Dieser Intercellulargang wird bei seiner Bildung von einer einfachen Zelle gegen das Innere des Blattes zu verschlossen. Bei der weiteren Entwickelung bilden sich aber in dieser Zelle, die später resorbirt wird, zwei neue Zellen, die allmälig eine halbmondförmige Gestalt annehmen und mit den concaven Seiten sich zugewendet eine Spalte zwischen sich lassen, durch welche sich der Intercellulargang in das Parenchyma mündet, in welchem gewöhnlich grade an dieser Stelle ein grösserer Intercellularraum oder doch ein Intercellulargang, der in einen solchen führt (*Nymphaea*), befindlich ist. Diese halbmondförmigen Zellen fehlen bei *Salvinia* und bei den Marchantiaceen *), kommen aber bei einigen Proteaceen doppelt und dreifach vor **).

Auch hier finden sich noch zahllose Verschiedenheiten, die insbesondere die Lage der Spaltöffnungszellen zu dem Intercellulargang und die Anordnung der den Intercellulargang bildenden Oberhautzellen betreffen und oft dazu geeignet sind, Familie und Geschlecht danach zu bestimmen, so z. B. bei den Cacteen, Gräsern, Aloe, Tradescantia etc. In ersterer Beziehung liegen die Spaltöffnungszellen bald etwas nach Aussen gerückt, den Ober-

99.



*) Hier ist der Intercellularraum von eigenthümlich flaschenförmig-papillösen Zellen begrenzt.

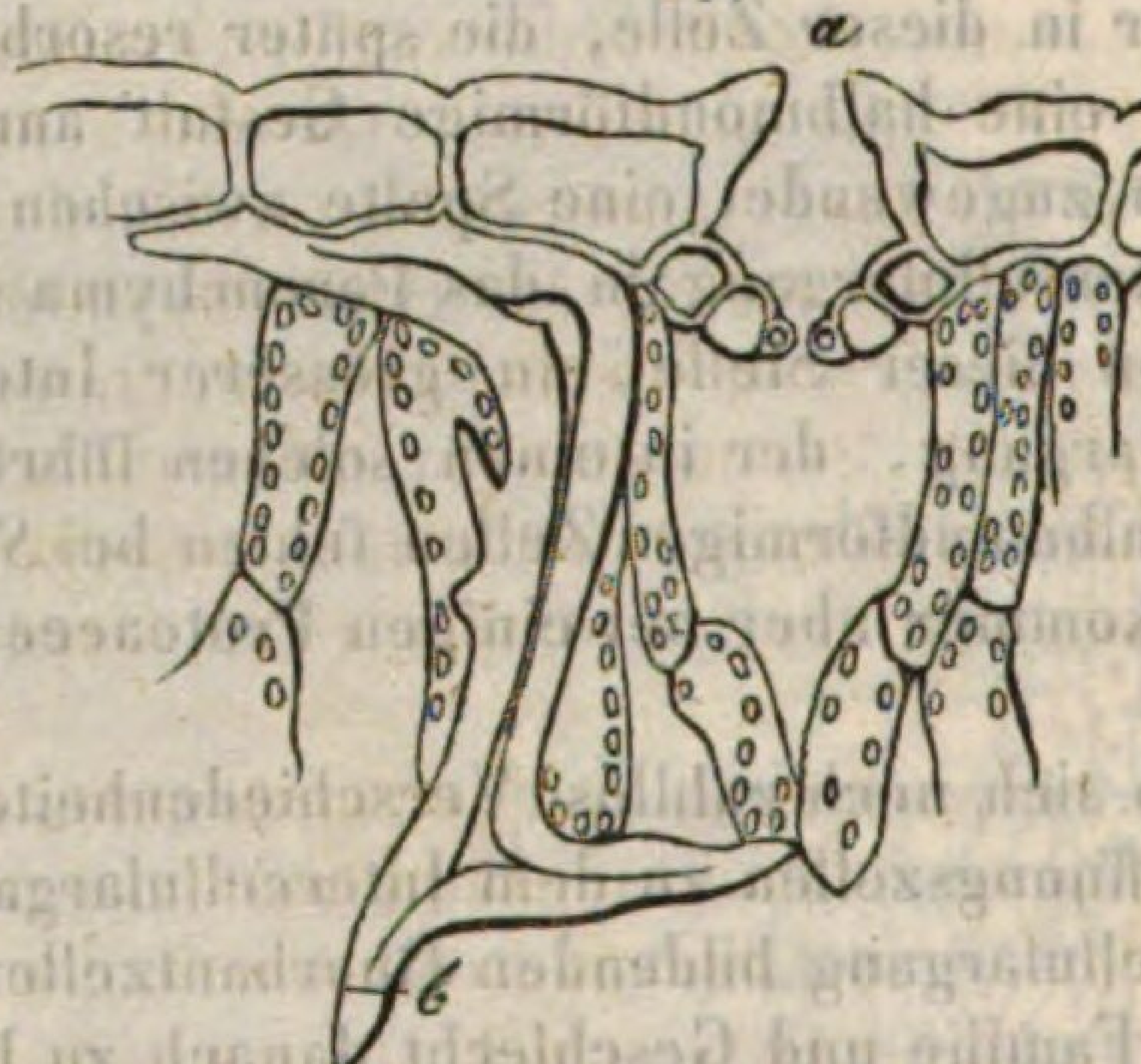
**) Vergl. auch *H. Mohl*, Ueber die Spaltöffnungen der Proteaceen in *N. A. A. L. C. N. C. T. XVI. P. 2.*

nachdem vorher durch einen möglichst zarten Schnitt die Oberhaut entfernt war. *x* sind die das Blattnetz bildenden Gefässbündel. *a*, *b*, *b* sind drei Grübchen die ein sehr verschiedenes Ansehen zeigen, je nachdem der Schnitt, durch welchen die Epidermis entfernt wurde, mehr oder weniger von dem darunter Liegenden mit fortnahm. Das untere *b* zeigt das Grübchen noch mit den auskleidenden Haaren, im Grunde scheinen die Spaltöffnungen durch. Bei *a* ist der Grund des Grübchens mit den Spaltöffnungen blossgelegt, eben so beim oberen *b* nur mit dem Unterschied, dass hier noch das darunter liegende schwammförmige Parenchym durchscheint. Bei *c* ist selbst die den Grund des Grübchens auskleidende Epidermis weggeschnitten und das schwammförmige Zellgewebe blossgelegt.

99. Schnitt senkrecht durch die Oberhaut des Blattes einer Baumnelke. *c* Epidermiszellen bedeckt mit der Absonderungsschicht *b*, welche zu äusserst aus einer dichteren Lage gebildet wird. *a* Eingang durch die Absonderungsschicht zur Spaltöffnung.

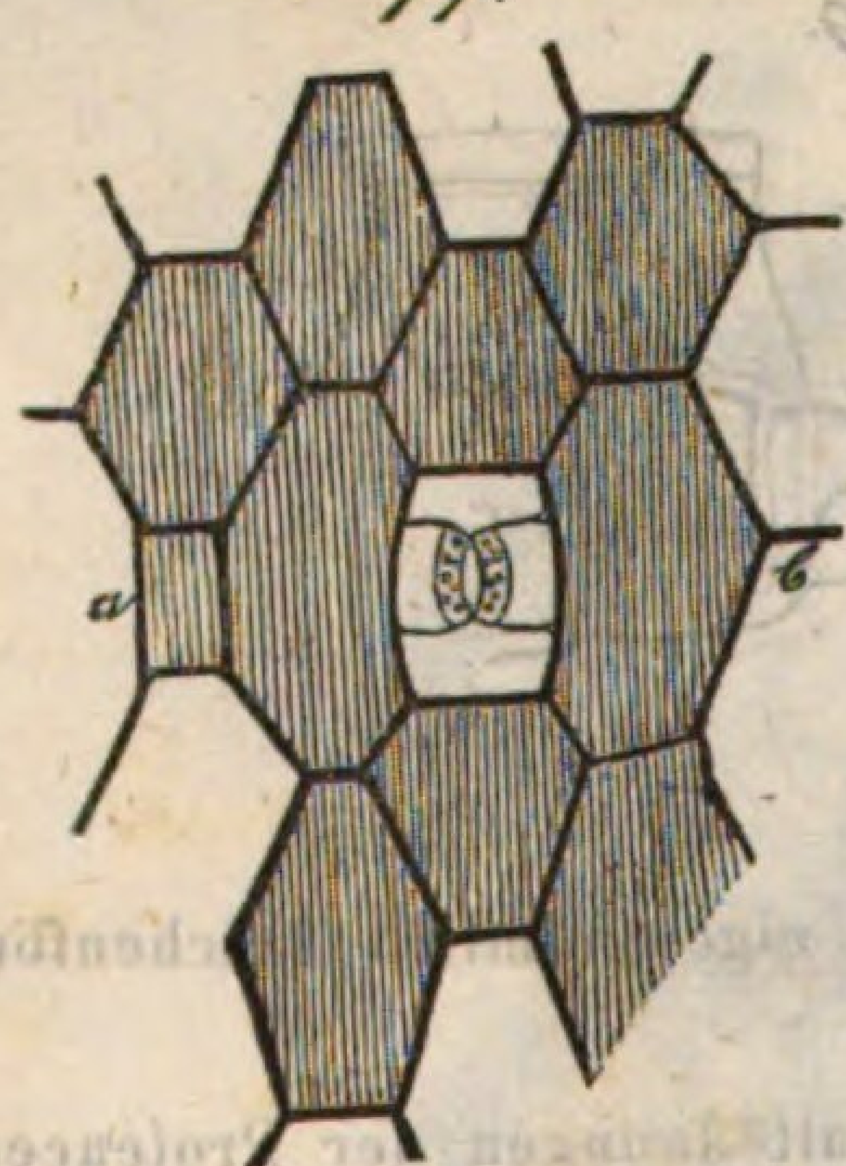
hautzellen mit ihren Rändern auf, oder sie liegen mit ihnen in gleicher Ebene (99) oder sie liegen ganz am untern Rande der Epidermiszellen (80). In Betreff

80.

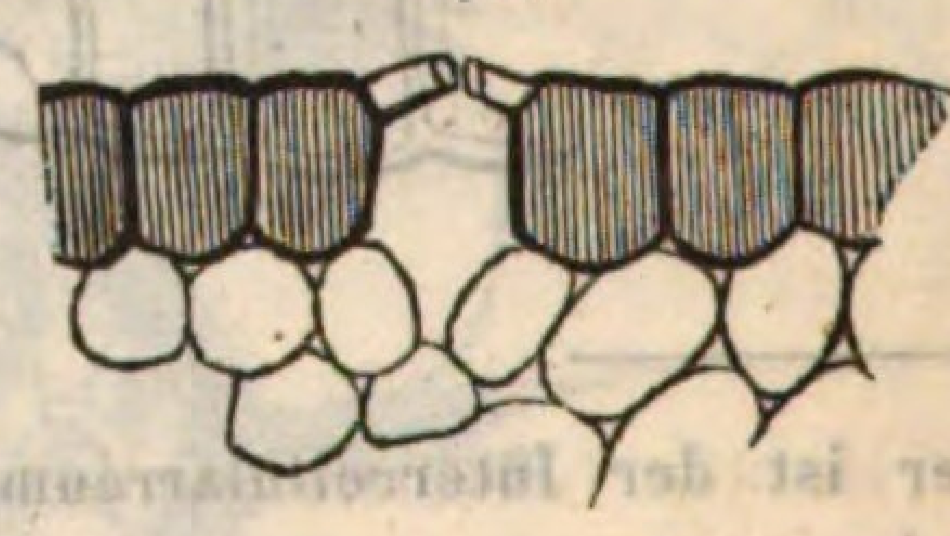


der Zweiten finden wir häufig die unmittelbar dem Intercellulargang anliegenden

77.



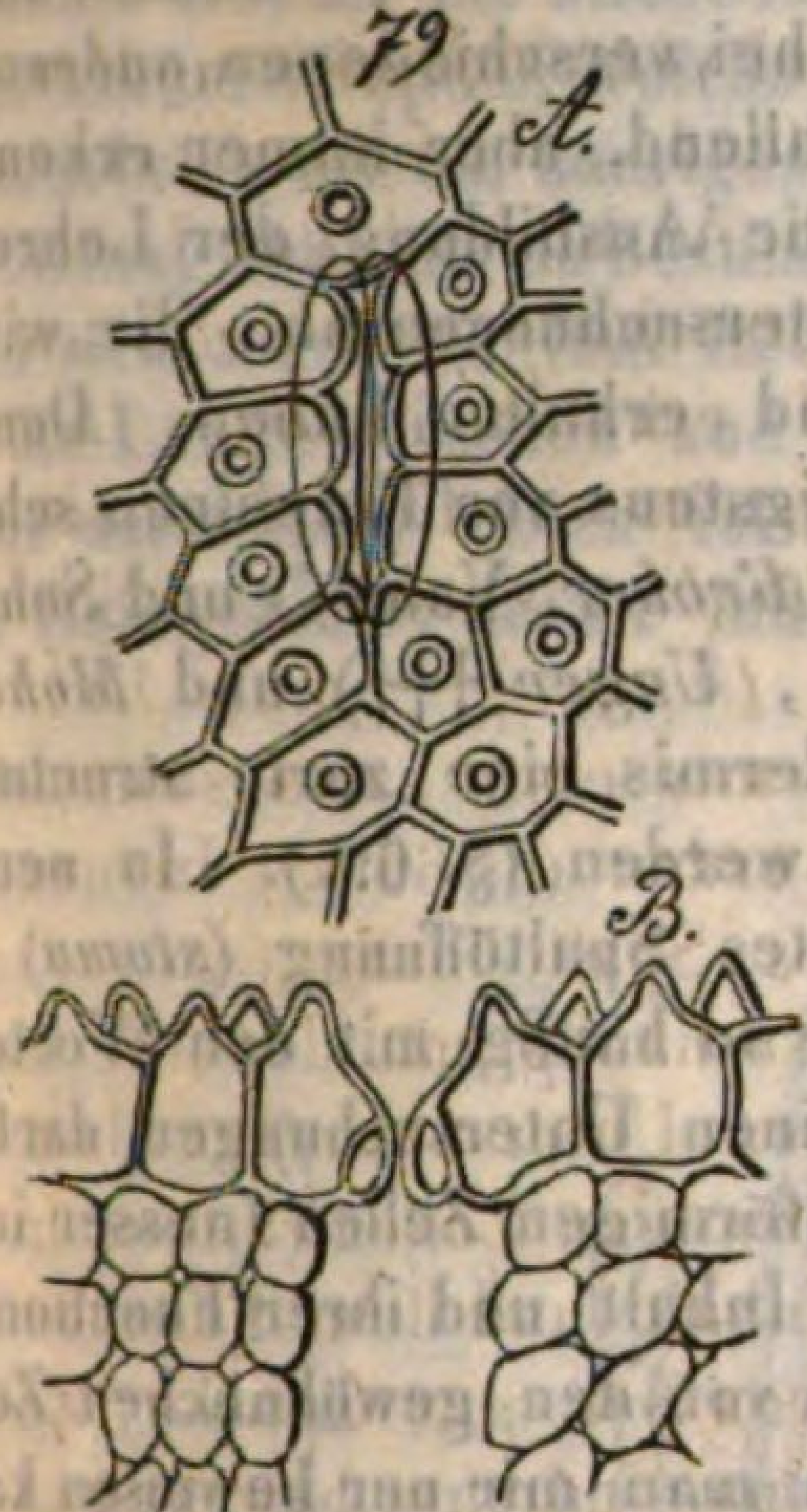
78.



Zellen anders gefärbt und flacher, den Intercellulargang selbst von mehr oder weniger Zellen gebildet. Gewöhnlich sind es 4 Zellen die ihn begrenzen, bei

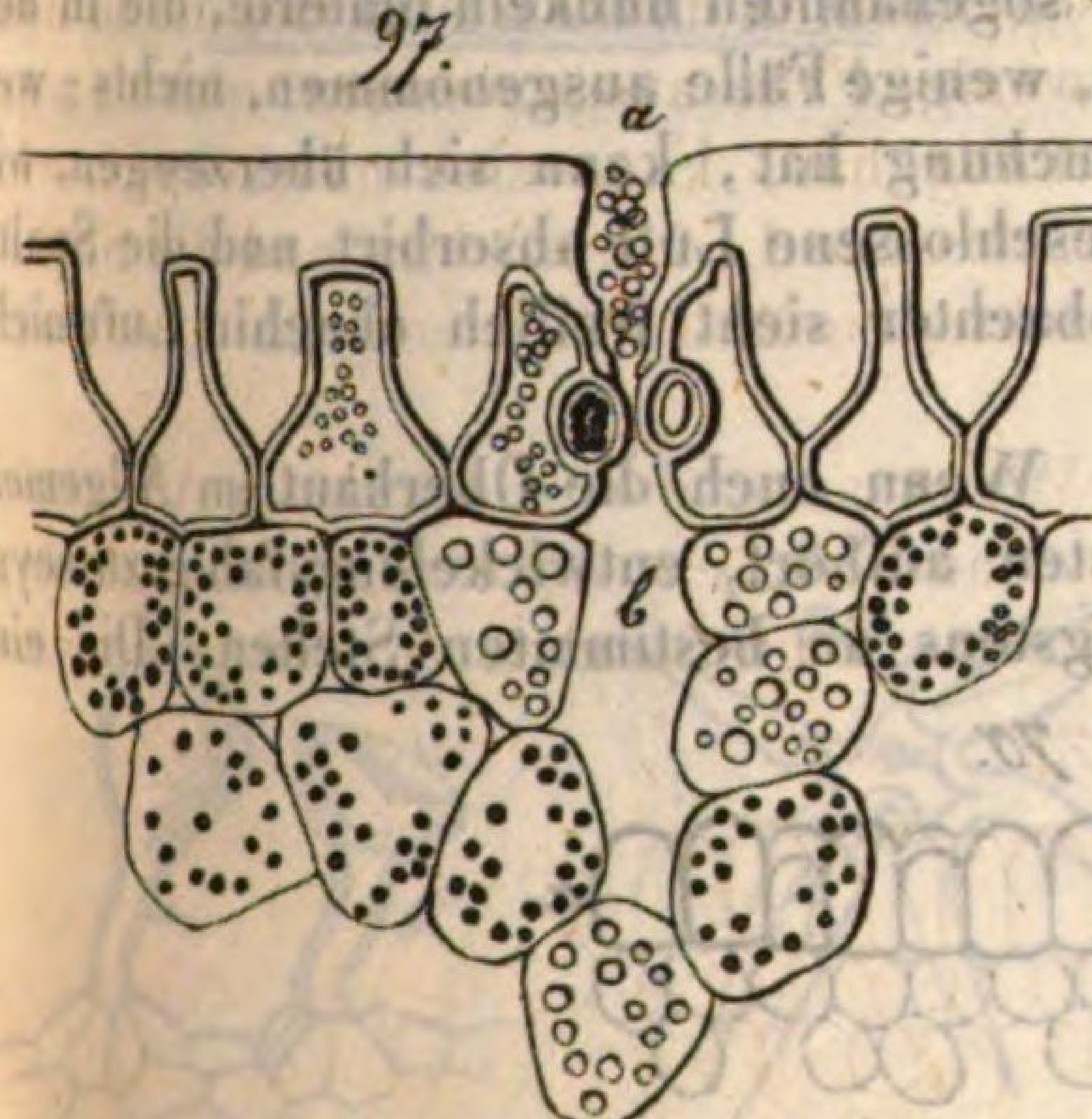
80. Schnitt senkrecht auf die Fläche des Blattes von *Hackea amplexifolia.* Die Spaltöffnung (*a*) bildet eine grössere Höhle die nach unten an jeder Seite von zwei Zellen geschlossen wird, welche dann die eigentlichen Spaltöffnungszellen zwischen sich aufnehmen. Das lockere Blattparenchym enthält viele seltsam monströse dickwandige Zellen (*b*).

77. Epidermis von der untern Blattfläche der *Tradescantia discolor* mit einer Spaltöffnung (Schnitt parallel der Fläche) die schraffirten Zellen enthalten einen dunkelrothen Saft. Die beiden Spaltöffnungszellen sind von vier regelmässig gestellten Zellen mit wasserhellem Inhalt umgeben. Ein Schnitt senkrecht auf die Fläche in der Richtung *a—b* giebt die Ansicht Fig. 78. Man sieht hier, dass die mit rothem Saft gefüllten Oberhautzellen eine Lücke lassen, welche nach Aussen durch die sehr flachen wasserhellen Zellen und durch die mit Chlorophyll erfüllten Spaltöffnungszellen geschlossen wird.



den Marchantien, bei *Cycas* und am Grunde der Blätter von *Nelumbium* (79) aber eine bei weitem grössere Anzahl. Meist liegen die Oberhautzellen selbst wenigstens mit den anderen in einer Fläche; bei *Marchantia* und *Cycas* erheben sie sich aber zu einer halbkugeligen an der Spitze geöffneten Warze.

Zuweilen findet man hier eine Verkrüppelung, die bei den Blättern der Opuntien fast gesetzmässig wird, dass sich nämlich drei bis fünf halbmondförmige Zellen bilden, die ziemlich regellos aneinandergedrängt sind. Der Inhalt der Spaltöffnungszellen gleicht fast ohne Ausnahme dem der drunter liegenden Parenchymzellen, selten oder nie den Oberhautzellen; nur wenige Fälle (*Agave lurida*, *Aloe nigricans* (97) und einige andere) sind mir bekannt, wo ein auffallender Stoff, nämlich Oel oder Harz, darin vorkommt.



Zum Theil sehr abweichende Erscheinungen bietet die Epidermis der Wurzeln tropischer Orchideen und Aroideen dar. Hier liegen die sehr abweichenden Spaltöffnungszellen stets nach Aussen auf der Epidermis und gehören nicht dem Parenchym der Rinde, sondern der Wurzelhülle an. Am regelmässigsten und gewöhnlichsten ist die

79. *A.* Epidermis aus der Mitte der oberen Blattfläche von *Nelumbium speciosum*, mit einer Spaltöffnung. (Schnitt parallel der Fläche. Die Epidermiszellen erheben sich in der Mitte in eine Papille, welche von der Fläche gesehen als Ring erscheint. Die Spaltöffnung selbst wird hier von 9 anliegenden Epidermiszellen gebildet, unter dieser Oeffnung liegen aber zwei ganz gewöhnliche halbmondförmige Spaltöffnungszellen. Zur Erläuterung kann der Schnitt *B.*, welcher senkrecht auf die Fläche genau durch die Spaltöffnung geführt ist, dienen.

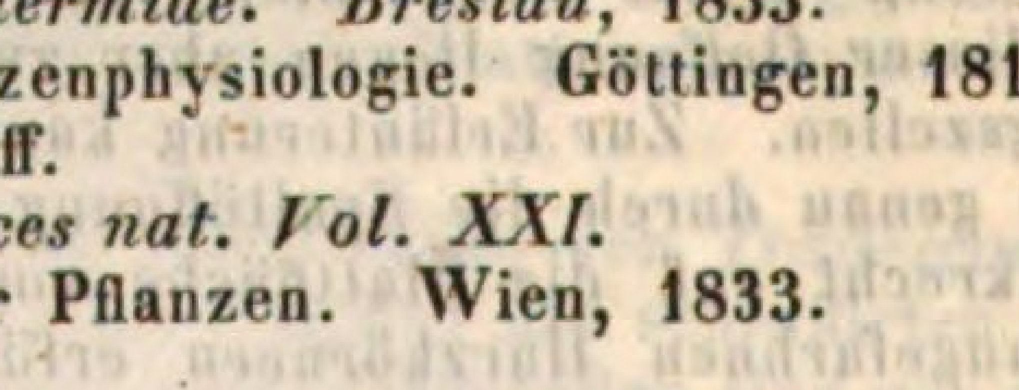
97. Ein Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Aloe nigricans a.* Canal der Spaltöffnung mit orangefarbnen Harzkörnern erfüllt. *b.* Höhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (in der Zeichnung schwarz) theils rosenrothe oder orangefarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen Oberhautzellen sind mit hellem oder dunkelrothem Saft und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern erfüllt. Von den beiden Spaltöffnungszellen enthält eine Chlorophyll, eine ein einziges grosses hellgelbes Harzkörnchen. *c.* ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen.

Form dieser innern Spaltöffnungen bei *Pothos crassinervis,* höchst complicirt und abweichend bei *Aerides odorata*, bei verschiedenen andern bald deutlicher hervortretend, bald weniger auffallend, aber immer erkennbar.

Historisches und Kritisches. Die Ausbildung der Lehre von der Oberhaut hing sehr von den genauen Untersuchungen ab, die wir fast allein erst in diesem Jahrhunderte genügend erhalten haben. Dennoch wurde viel missverstanden, auch Vieles wenigstens von Einzelnen schlecht beobachtet. Die wichtigsten Mitarbeiter sind *Kroker*, Vater*) und Sohn**), *Treviranus****), *Meyen* †), *Brogniart* ††), *Unger* †††) und *Mohl* †*). Die Ansicht von *Brogniart*, dass die Epidermis eine zarte structurlose Membran sey, kann erst später gewürdigt werden (§. 69.). In neuerer Zeit haben einige Botaniker statt des Wortes Spaltöffnung (*stoma*) den Ausdruck Hautdrüse angenommen, hier, wie so häufig mit den Worten in der Wissenschaft nur spielend. Nach meinen Untersuchungen darf ich dreist behaupten, dass die beiden halbmondförmigen Zellen (ausser in ihrer Form und Lage), namentlich in ihrem Inhalt und ihrer Function bei wenigstens zwei Drittheil aller Pflanzen nicht von den gewöhnlichen Zellen des Blattparenchyms abweichen, aber wenn man mir nur beweisen kann, dass von dem übrigen Drittheil auch nur bei 50 Pflanzen diese Zellen eine entschiedene Drüsennatur haben, so will ich gern den durchaus unpassenden Ausdruck annehmen. Mit der sogenannten dunkeln Materie, die in den Spalten vorkommen soll, ists aber, wenige Fälle ausgenommen, nichts; wer die Geduld zu gründlicher Untersuchung hat, kann sich überzeugen, wie das Wasser die in der Spalte eingeschlossene Luft absorbirt und die Spalte rein zurücklässt; ein geübter Beobachter sieht freilich ohnehin Luft nicht für feste Substanz an †**).

Appendiculäre Organe. Wenn auch die Oberhaut im Allgemeinen der Theil ist, der am frühesten aufhört, entwickelungsfähig zu seyn, so bleibt sie es doch häufig wenigstens an bestimmten Stellen. Die ein-

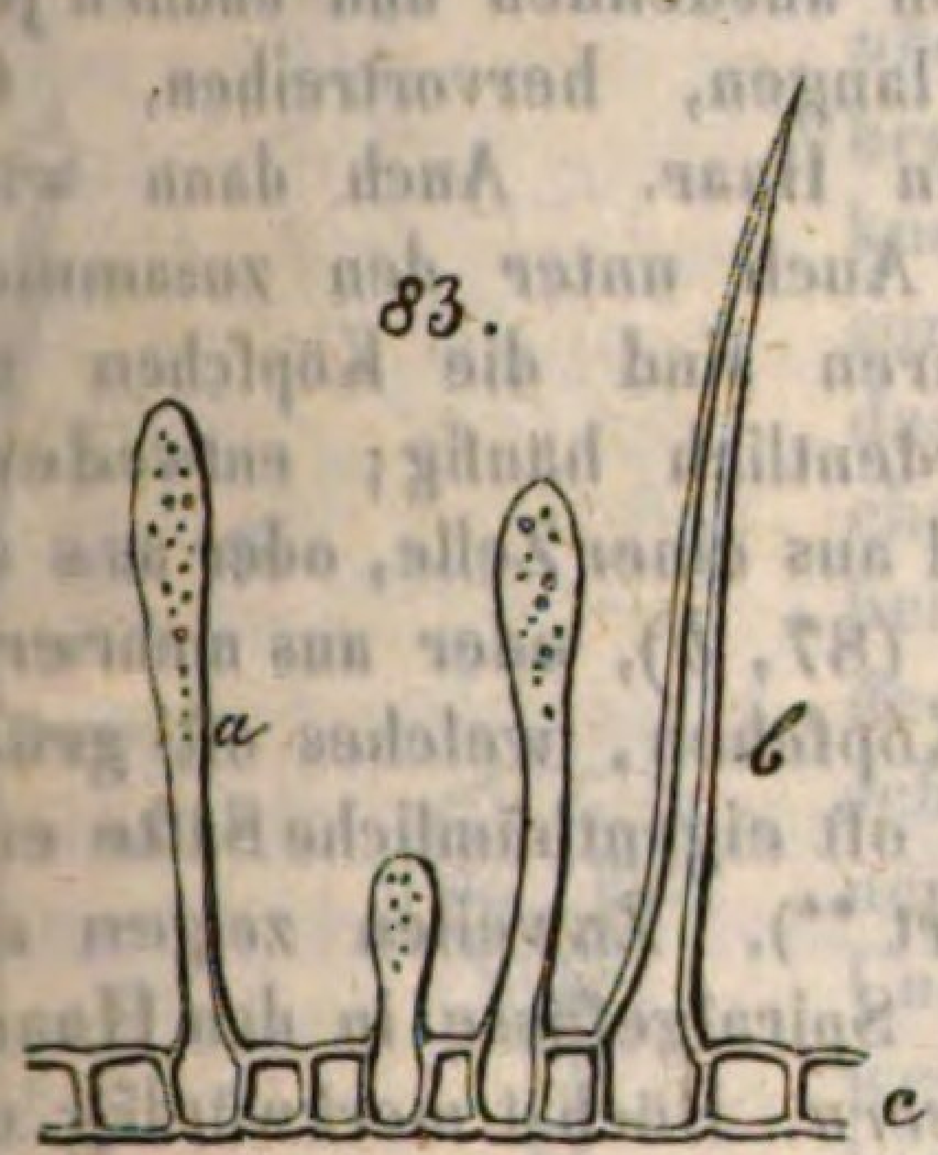
70.



*) *De plantarum epidermide. Halae,* 1800.
**) *De plantarum epidermide. Breslau,* 1833.
***) Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen, 1811.
†) Phytotomie S. 67 ff.
††) *Annales des sciences nat. Vol. XXI.*
†††) Die Exantheme der Pflanzen. Wien, 1833.
†*) Am angef. Ort.
†**) Vergl. meine Bemerkungen in *Wiegmann's* Archiv 1838, Bd. I, S. 56. (Botanische Beiträge Bd. I, S. 10 ff.)

70. Papillöse Epidermis (*a*) von der untern Fläche der Blumenblätter von *Isis variegata* nebst einigen darunter liegenden Parenchymzellen. (Schnitt senkrecht auf die Fläche.)

fachste Form ist die blosse Ausdehnung der äusseren Zellenwand als längere oder kürzere Papille, welche den Blumenblättern ihren Sammtglanz (70), den Wurzeln so oft ein haariges Ansehen verleiht. Häufig findet diese Papillenbildung aber nur an bestimmten Zellen statt (83) und in den Papillen entwickeln sich zwei bis fünf Zellen, die anfänglich rundlich sind, allmälig sich in die Länge strecken und so ein zelliges der Epidermis aufgepflanztes Haar darstellen. Dies ist eine ziemlich allgemeine Entwickelungsweise der Haargebilde, wofür indess noch ausführliche Untersuchungen zu ma-









83. Epidermis (*c*) mit einfachen Haaren von dem Stengel einer *Oenothera*, *a* kolbig angeschwollne, *b* zugespitzte Haare.

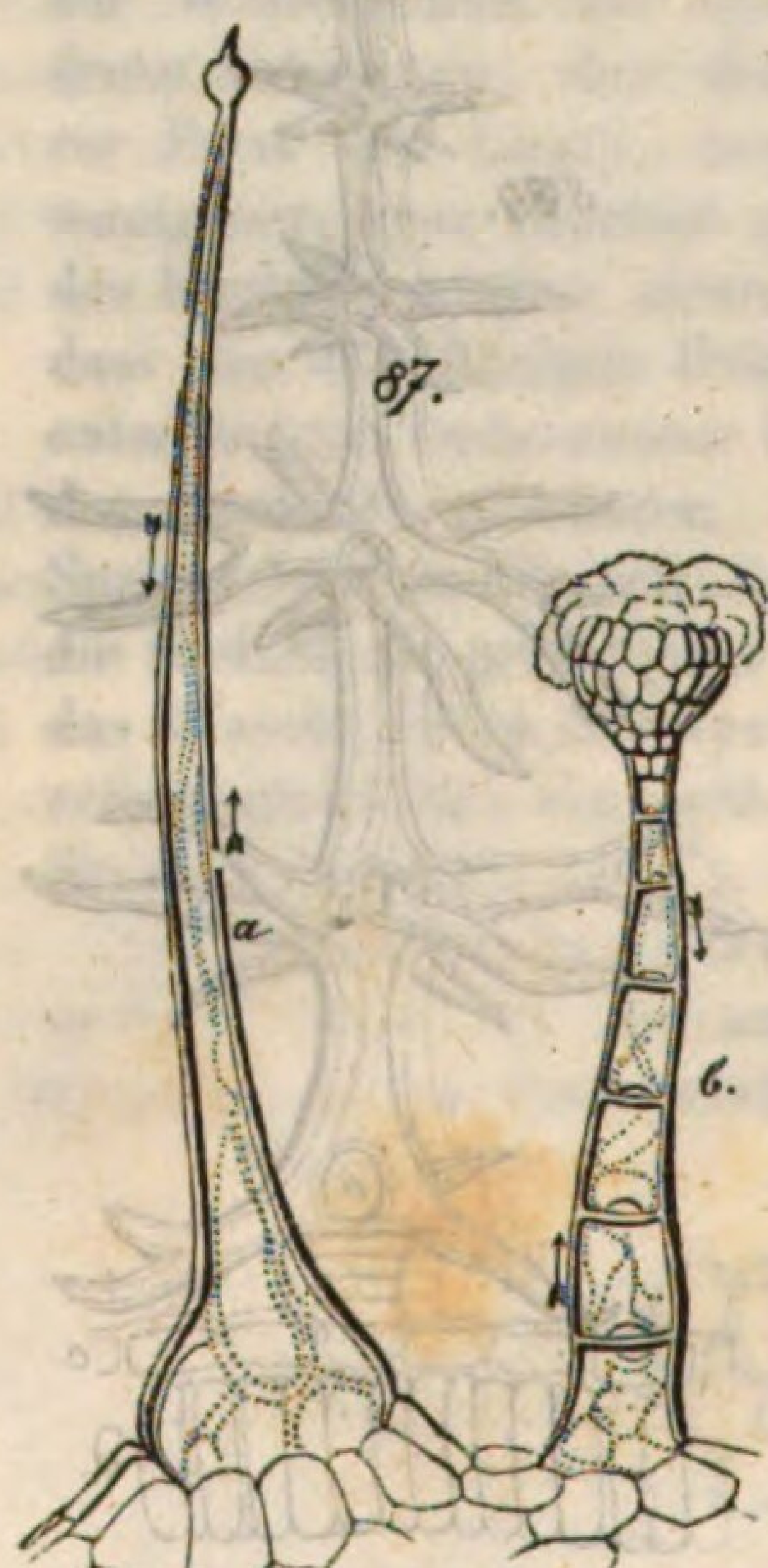
84. Epidermis (*c*) und darunter liegendes Parenchym (*d*) der obern Blattfläche von *Alternanthera axillaris* nebst einem Haare. Dies besteht zu unterst aus einigen flachen auf einander gesetzten Zellen (*b*) und einer vielfach verästelten dickwandigen Zelle, die von jenen getragen wird. Bei (*a*) war ein Ast der Zelle durch den Schnitt entfernt.

85. Sternförmiges Haar aus einer Zelle gebildet, von *Alyssum rostratum*, *a* der Befestigungspunkt des Haares (Flächenansicht).

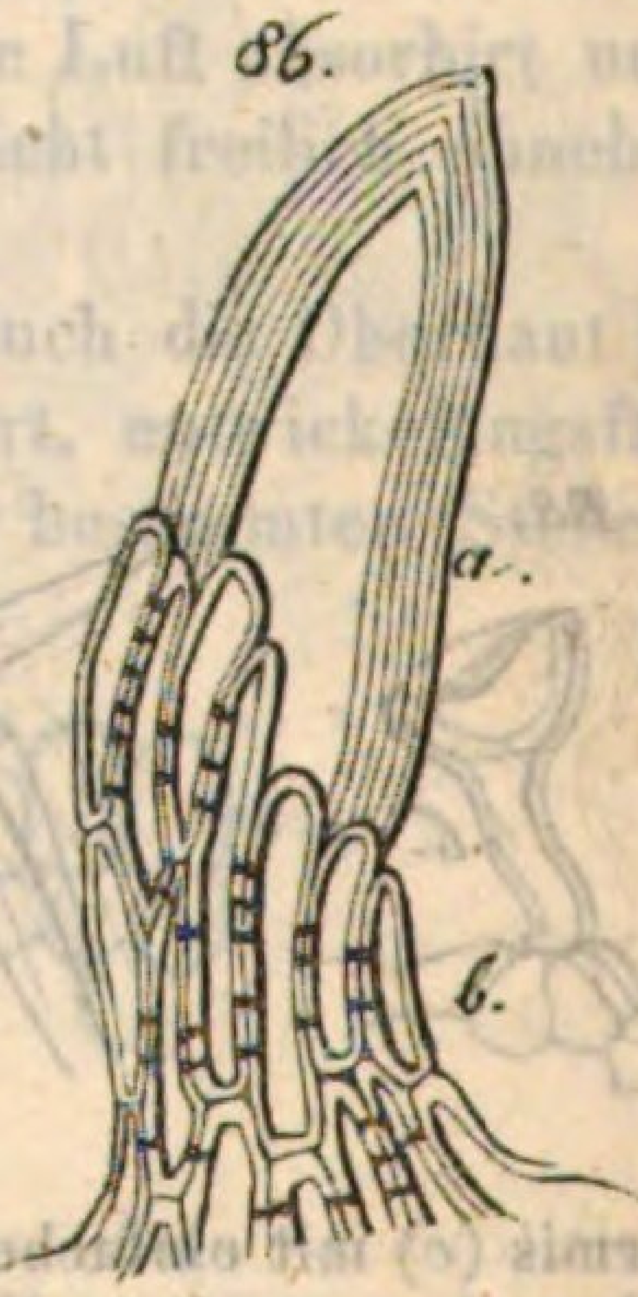
88. Theil der Blattoberhaut mit zwei Haaren von *Helleborus foetidus* (Seitenansicht). Jedes Haar (*a*) besteht aus einer einfachen Zelle, die nach oben kopfförmig anschwillt und den übelriechenden Stoff zu enthalten scheint. Allmälig entleert sich das Haar und stülpt sich von oben ein, wie man ganz deutlich bei *b* beobachten kann.

chen sind *). Oft tritt nur eine einzelne Zelle über die Fläche der Oberhaut hervor als einfaches Haar oder höchst mannigfaltige Formen bildend, z. B. sehr häufig zum Köpfchen anschwellend (83, 88) oder in Aeste auswachsend (85), z. B. die Haare an einigen *Malpighia*-arten, an *Rhamnus*, die aus einer Zelle bestehen, welche sich gleich auf der Fläche in zwei Aeste ausdehnt, die der Oberhaut fest angedrückt sind, ferner die merkwürdigen vierarmigen Zellenpaare in den Luftblasen der *Utricularia*. Dies sind anfangs zwei nebeneinanderliegende runde Zellen, dann wachsen sie in zwei kurze Stiele aus, die sich wieder zu Köpfchen ausdehnen und endlich jede zwei Arme, einen kurzen und einen langen, hervortreiben. Oder es bilden sich mehrere Zellen für ein Haar. Auch dann wächst oft eine Zelle in Aeste aus (84). Auch unter den zusammengesetzten Haaren sind die Köpfchen tragenden ausserordentlich häufig; entweder besteht der Stiel aus einer Zelle, oder aus einer Zellenreihe (87, *b*), oder aus mehreren, ebenso das Köpfchen, welches oft grün ist, oft gefärbt, oft eigenthümliche Säfte enthält und absondert **). Zuweilen zeigen sich sogar einzelne Spiralgefässe in den Haaren, z. B. bei *Drosera*. Höchst merkwürdig unter den Anhängen der Oberhaut sind die Brennhaare.

87.



86.



Diesen liegt eigentlich ein allgemeiner sehr weit verbreiteter Typus zu Grunde, welcher darin besteht, dass sich ein Theil der Oberhautzellen warzenförmig über die Fläche erhebt und den Grund einer einzelnen in die Länge gestreckten Zelle umfasst (86; 87, *a*). Durch die schichtenweise Verdickung

*) Vergl. die Kupfertafel mit der Erklärung.

**) Der ganze Begriff der Drüse hat mir aber bei den Pflanzen keinen Sinn und deshalb mache ich hier wie anderswo keinen Unterschied.

86. Ein Stachelhaar des Blattes von *Dipsacus fullonum* (Seitenansicht). Es besteht aus einer länglichen, etwas gekrümmten und schichtenweis starkverdickten Zelle *a*, welche am Grunde von einer Erhebung poröser Epidermiszellen *b* umfasst wird.

87. Theil der Epidermis mit zwei Haaren von *Wigandia urens* (Seitenansicht).

der Haarzelle und die Porosität der Oberhautzellen ausgezeichnet findet sich diese Bildung am *Dipsacus* (86). Gewöhnlich ist die Haarzelle im untern von der Oberhaut umschlossenen Theile blasenförmig angeschwollen und viel zartwandiger, im oberen freien Theile spitz zulaufend und dickwandiger; häufig auf der Oberfläche mit spiralig angeordneten Wärzchen und erhabenen Streifen besetzt. In dieser Form kann man sie für die Urticeen (*Juss.*), für die Borragineen (87), die Cucurbitaceen und Loaseen charakteristisch nennen. Höchst interessant ist der Mechanismus der Brennhaare im engeren Sinne, bei *Urtica, Wigandia urens*, den Loaseen etc. Fast alle wirklich brennenden Haare enden in einer kleinen knopfförmigen Anschwellung und sind besonders an der Spitze äusserst spröde, so dass bei der Berührung leicht das Knöpfchen abbricht, die nun geöffnete Spitze in den berührenden Körper eindringt und der durch den Widerstand auf die blasenförmige Anschwellung am Grunde ausgeübte Druck einen Theil des giftigen Inhaltes hervortreibt. Unsere einheimischen Nesseln sind noch die wenigst bösartigen, viel empfindlicher schon brennen die Loaseen, aber am schärfsten ist das Gift in den ostindischen Nesseln entwickelt, wo *Urtica crenata* und *crenulata* heftige, Wochen und Monate lang anhaltende Schmerzen erregen. Die allergefährlichste ist aber *Urtica urentissima Blume*, auf Timor *Daoun setan* (Teufelsblatt) genannt. Jahre lange Schmerzen, die besonders bei feuchtem Wetter unerträglich werden, der nicht selten folgende tetanische Tod deuten auf einen heftigen Eingriff des Giftes in das gesammte Nervensystem. Könnten wir den Stoff aus den Brennhaaren isoliren, würden wir darin sicher das furchtbarste bis jetzt bekannte Pflanzengift entdecken.

87.

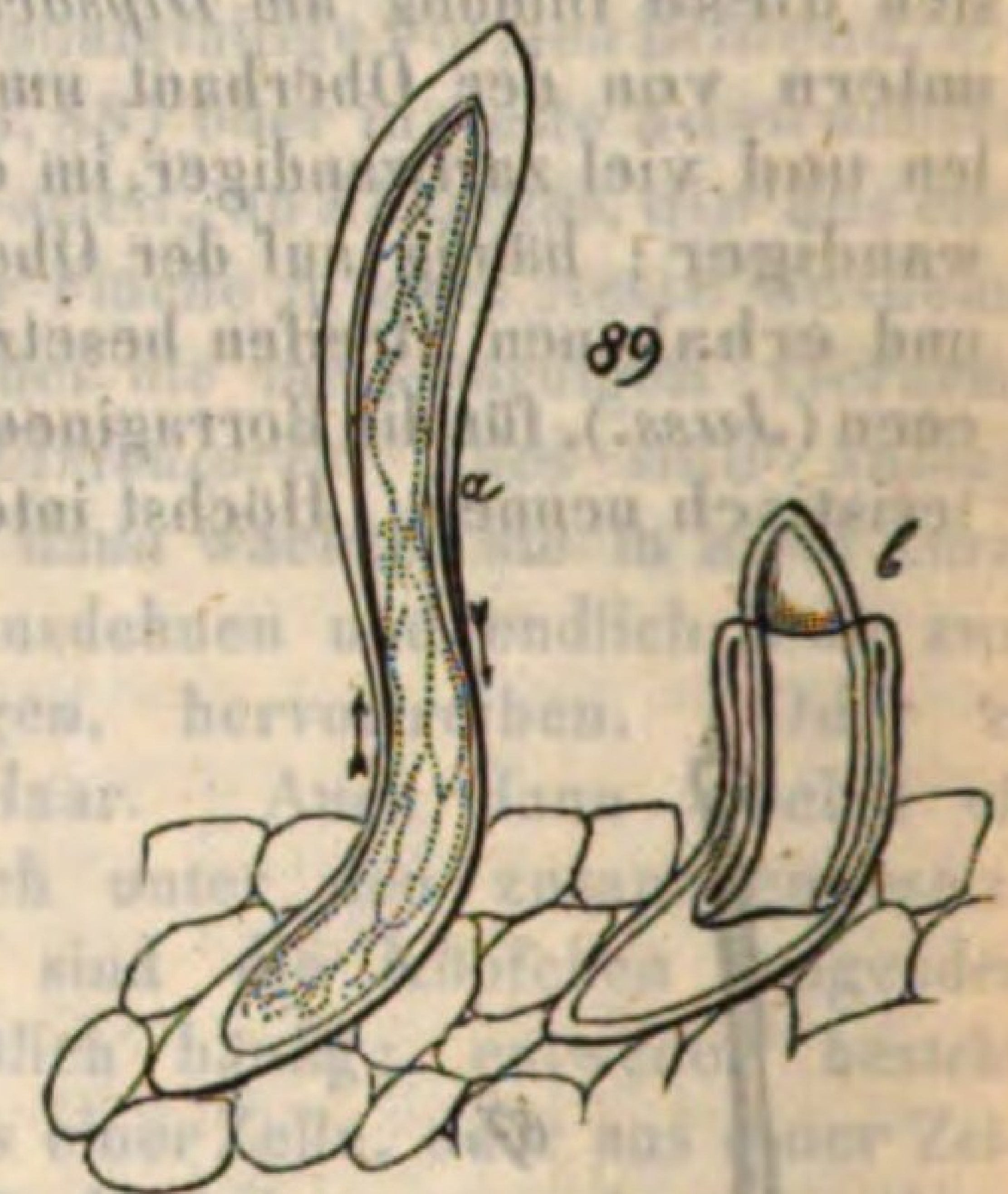


Alle diese Haare haben mindestens in der Jugend in ihrem Innern eine lebhafte Zellensaftcirculation (vergl. unten).

Sehr eigenthümlich sind die Haare, deren Inhalt zu einer bestimmten Zeit verschwindet, ohne, wie es scheint, durch Luft ersetzt zu werden, so dass das Haar dadurch zum Theil in seine eigene Höhle hineingezogen wird. Diese merkwürdige Erscheinung findet sich besonders an den Haaren

a ist ein Brennhaar mit Knöpfchen und circulirender Flüssigkeit im Innern, *b* ein kopftragendes Drüsenhaar. Die einfachen auf einander gesetzten cylindrischen Zellen, die den Stiel bilden, zeigen jeder einen Cytoblasten und Circulation; das Köpfchen, aus vielen kleinen Zellen gebildet, ist mit abgesondertem Harz (?) bedeckt. Die Pfeile zeigen beobachtete Richtungen der Strömchen an.





des Stylus bei den Campanulaceen *), kommt aber auch gar nicht selten bei den kugeligen Endzellen kopfförmiger Haare vor, die dann aussehen, als ob die eine Hälfte abgeschnitten oder als Deckel abgesprungen wäre **).

Eine Arbeit über die Haare, ausgezeichnet durch einen grossen Reichthum von Einzelheiten, hat *Meyen* ***) geliefert.

Korksubstanz. Bei gewissen Pflanzen, namentlich den baumartigen, und an gewissen Theilen, besonders dem Stengel, aber auch der Frucht, geht zu einer bestimmten Zeit eine eigenthümliche Veränderung in der Oberhaut vor. Es sammelt sich in ihren Zellen eine gelbliche granulös-schleimige Materie, die sich nach und nach so anhäuft, dass sie die äusseren Zellenwände als zusammenhängende Membran von den untern losreisst und in die Höhe hebt. Zugleich bilden sich auf eine noch unerforschte Weise in dieser Substanz Zellen, die sich fast ganz regelmässig zu viereckigen Tafeln gestalten und in zusammenhängenden concentrischen Schichten und zugleich radial anordnen. Völlig ausgebildet zeigen sie eine grosse Elasticität und stellen das Gewebe dar, welches im vollkommensten Zustande von uns Kork genannt wird, aber in unzähligen Modificationen, dem Wesen nach aber dasselbe überall sich zu bilden scheint, wo eine Oberhaut längere Zeit vegetirt. Wenn der Korkbildungsprocess einmal eingeleitet ist, so setzt er sich an der innern Fläche desselben fort, wenn nicht diese ganze Schicht zu einer bestimmten Zeit vom Baume abge-

*) Vergl. auch *Brongniart* in *Ann. d. sc. nat.* 1839, *p.* 244.

**) So ist es wirklich von *Meyen* aber mit Unrecht angesehen worden.

***) Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin, 1837.

88. [illegible] 267.

89. Längsschnitt durch den Staubweg einer *Campanula* senkrecht auf die Fläche mit zwei Haaren. Das eine *a* in voller Ausbildung zeigt im Innern circulirende Flüssigkeit; die Spitze ist eingehüllt in eine Scheide von abgesonderter Gallerte. Das andere (*b*) hat seinen Inhalt verloren und ist in Folge dessen eingestülpt.

worfen wird, worauf sie sich nicht wieder erzeugt, z. B. beim Wein, bei *Clematis vitalba*. *Mohl**) hat zuerst diese Substanz genauer kennen gelehrt, ich**) suchte ihre Entstehung aufzuklären.

Wurzelhülle. Wenn man die sogenannten Luftwurzeln von *Pothos crassinervis* untersucht, findet man eine deutliche Oberhaut mit Spaltöffnungen, deren halbmondförmige Zellen, mit einem braunen körnigen Stoff erfüllt, sich auf der Aussenfläche der Epidermis erheben und hier in ein Gewebe hineinragen, welches aus sehr locker verbundenen etwas gestreckten Zellen besteht, deren Wände die zierlichsten Spiralfibern zeigen und ganz mit Luft erfüllt sind, wodurch das glänzend weisse Aussehen dieser Wurzeln bedingt wird. Wie diese Lage entsteht, ist mir noch nicht gelungen deutlich zu erkennen, sie bildet sich aber gleich an der Spitze der Wurzel mit den übrigen Theilen derselben. Dieselbe Schicht findet sich an den Wurzeln der meisten tropischen Orchideen, und hier zeigen die Zellenwände oft die auffallendsten Modificationen. Besonders zeichnet sich *Aerides odorata* aus, wo Alles wunderbar, aber nicht zu beschreiben, sondern nur durch Abbildungen deutlich zu machen ist. Ich untersuchte sie sonst noch bei *Epidendron elongatum* und fünf andern Species, bei *Cattleya Forbesii*, *Brassavola cordata*, *Maxillaria atropurpurea*, *Harissonii*, *Acropera Loddigesii*, *Cyrtopodium speciosissimum*, *Oncidium altissimum* und drei andern Species, ferner bei *Pothos reflexa*, *acaulis*, *violacea*, *cordata*, *longifolia*, *digitata*, welchen letzteren sechs die Spiralfasern, nicht aber die Zellen fehlen. Bei andern Familien habe ich nichts Aehnliches entdecken können. Die Wurzeln haben gewöhnlich eine frischgrüne Spitze. Hier sind nämlich die Zellen noch safterfüllt und deshalb scheint das grüne Rindenparenchyma durch. Das ganze Verhältniss ist bei der in den meisten Fällen so deutlich charakterisirten Oberhaut so auffallend, dass diese Schicht wohl als eigenthümliches Gewebe aufgeführt zu werden verdient. *Link****) entdeckte diese Schicht, *Meyen*†) untersuchte sie genauer, keiner hat sie richtig gewürdigt.

*) Ueber die Entwickelung des Korkes und der Borke. Tüb., 1836.

**) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Cacteen a. a. O.

***) *Elem. phil. bot. Ed. I. p.* 393.

†) Physiologie I. S. 47. *Dutrochet* hat nichts davon, das Citat hat *Meyen* aus *Link* abgeschrieben, ohne es nachzusehen und ohne nur zuzusehen, wozu *Link* eigentlich citirt.

Drittes Capitel.

Das Leben der Pflanzenzelle.

Erster Abschnitt.

Die einzelne Zelle für sich allein betrachtet.

§. 30.

Auf die Pflanzenzelle wirken natürlich alle physikalischen und chemischen Kräfte an der Erde ein. Soweit diese auffallende Erscheinungen hervorrufen und insbesondere soweit sie durch die Zelle selbst, an und in der sie sich äussern, eine besondere Form der Wirkung zeigen, nenne ich ihre Wirkungen im Ganzen das Leben (*vita*) der Zelle. Die meisten physikalischen Kräfte sind uns noch zu wenig genau bekannt, um die Eigenthümlichkeiten, die sie unter besonderen Verhältnissen zeigen, auffassen zu können. Man kann hier nur sehr allgemein sagen, dass die verschiedenen chemischen Processe in der Zelle auch von Veränderungen der Temperatur, der Elektricität, der absoluten und specifischen Schwere u. s. w. begleitet seyn müssen, ohne dass man zur Zeit noch messend und rechnend nachkommen könnte. Es bleiben daher für genauere Betrachtung nur wenige Verhältnisse, die sich als Aufnahme fremder Stoffe (*endosmosis*), Veränderung derselben (*assimilatio* und *secretio*) und Ausscheidung des Ueberflüssigen (*exhalatio* und *excretio*), Gestaltung des Assimilirten (*organisatio*), Bewegungen des Inhalts der Zelle (*circulatio*), Bewegung der ganzen Zelle (*motus*), Bildung neuer Zellen in der alten (*propagatio*) und Aufhören aller Processe (*mors*) betrachten lassen.

I. *Aufnahme fremder Stoffe.*

§. 31.

Die Zellenmembran ist völlig geschlossen (wenigstens in der Jugend), aber gegen alle vollkommenen Flüssigkeiten permeabel. Sie nimmt also alle völligen Auflösungen durch ihre Wand in ihre Höhle auf. Da sie in Folge der beständig in ihr vorgehenden chemischen Processe stets eine dichtere Flüssigkeit als Wasser oder höchst diluirte Salzlösungen enthält und zwar meist eine solche, welche, wie Gummi- und

Zuckerlösung, eine grosse Verwandtschaft zum Wasser hat, so zieht diese das Wasser mit einer gewissen Kraft in die Höhle der Zelle hinein, wogegen nur wenig von dieser concentrirten Flüssigkeit austritt. Seit *Dutrochet* nennt man diesen Process des Einströmens Endosmose, den des Ausströmens Exosmose.

Schon oben ist die Eigenschaft des Zellstoffs erwähnt, Flüssigkeiten durch sich durchzulassen. Es ist eine ganz überflüssige und unbeholfene Hypothese, hierbei an kleine, unsichtbare Poren zu denken, vielmehr stehen hier Membran und Flüssigkeit in demselben Verhältniss zu einander, wie Salz und auflösendes Wasser. Sowie hier in jedem Massendifferenzial *) sowohl Salz als Wasser vorhanden ist, so auch in der Membran Zellstoff und Wasser, nur mit dem Unterschiede, dass die Membran *nie* durch das Wasser verflüssigt wird, weil sie nur eine bestimmte, geringe Menge auflöst und dann nicht eher neues Wasser aufnimmt, als bis ihr das zuerst aufgenommene wieder entzogen worden ist. Dieses Abgeben der in die Membran aufgenommenen Flüssigkeit wird nun hervorgerufen durch die Verwandtschaft des Wassers zu gewissen andern Stoffen, die in der Zelle enthalten sind. Wenn man Gummi oder Zucker in einer geringen Menge Wasser auflöst und darauf vorsichtig anderes reines Wasser aufgiesst, so bleiben beide verschieden-dichten Flüssigkeiten eine kurze Zeit aber nur scheinbar unvermischt, in der That aber beginnt sogleich an der Grenze ein Process, indem die concentrirtere Flüssigkeit die diluirtere anzieht, und dieser Vorgang dauert so lange fort, bis sich beide Flüssigkeiten fast gleichförmig vermischt haben; diese Anziehung findet mit einer gewissen Kraft statt, weil dadurch gegen das Gesetz der Schwere die schwerere Flüssigkeit allmälig bis zum Niveau der leichteren gehoben wird. Trennt man beide Flüssigkeiten durch eine vegetabilische (oder thierische) Membran, so verhindert diese die Anziehung nicht, weil sie sogleich von der Flüssigkeit durchdrungen, beide Flüssigkeiten also wieder in Berührung gebracht werden. Die dichtere Flüssigkeit wird aber dabei schwerer von der Membran aufgenommen, als die weniger dichte. Die Flüssigkeiten kommen also auf Seite der dichteren mehr in Berührung und die dichtere Flüssigkeit kann der Membran mehr von der dünnern entziehen, als auf der andern Seite die dünne von der dichteren. Da nun jedesmal die Membran die ihr auf der einen Seite entzogene Flüssigkeit auf der andern wieder ersetzt, so wird allmälig ein bedeutender Theil der dünneren Flüssigkeit auf die Seite der dichteren übergeführt, dagegen nur wenig von der dichteren auf die Seite der dünneren. Stellt man den Versuch so an, dass die dichtere Flüssigkeit sich über der dünneren in einer engen Röhre befindet, so wird in derselben die Flüssigkeit dem hydrostatischen Gleichgewicht entgegen steigen und zwar muss die Anziehungskraft beider Flüssigkeiten zu einander genau dem Drucke der auf diese Weise

*) *Sit venia verbo.*

gebildeten Flüssigkeitssäule das Gleichgewicht halten, also durch die Höhe dieser Säule gemessen werden. Ganz dasselbe Verhalten zeigt sich aber auch, wenn man statt verschieden dichter Flüssigkeiten gewisse specifisch verschiedene Flüssigkeiten nimmt, wobei oft die weniger dichte, z. B. Alkohol im Verhältniss zu Wasser die Rolle der specifisch dichteren in dem angeführten Beispiel übernimmt. *Dutrochet* nannte das Eintreten der dünneren Flüssigkeit durch eine Membran die Endosmose, das stets bei weitem schwächere Austreten der dichteren Exosmose und die durch die Höhe der Flüssigkeitssäule gemessene Kraft der Anziehung zwischen beiden Flüssigkeiten die endosmotische Kraft der dichteren Flüssigkeit. Durch einen zweckmässigen Apparat bestimmte *Dutrochet* die relative Grösse dieser Kraft bei folgenden Substanzen und gegen Wasser wie folgt:

Thierisches Eiweiss	12,
Zucker	11,
Gummi ,	5,17

Zu den stickstoffhaltigen vegetabilischen Stoffen gehört auch das Pflanzeneiweiss, welches dem thierischen in vieler Beziehung ähnlich ist. In seinen physikalischen Eigenschaften ist es schwer oder gar nicht von den übrigen oben (§. 19.) unter dem Worte Schleim zusammengefassten vegetabilischen Stoffen zu unterscheiden. Mir scheint es daher nicht unrichtig, für diesen Schleim, aus dem sich der Cytoblast bildet, eine ähnliche starke endosmotische Kraft anzunehmen, wie für das thierische Eiweiss. So erklärt sich uns dann leicht, wie gleich nachdem der Cytoblast sich mit einer Membran umgeben (S. 191), sogleich die Endosmose beginnt und so in die Zelle Stoffe eingeführt werden, auf welche der Cytoblast von Neuem umändernd einwirken kann. Werden hierdurch Zucker oder Gummi gebildet, so findet sich wieder im Innern der Zelle ein Stoff, der den Process der Endosmose lebhaft unterhält u. s. w. Ich glaube nicht, dass es irgend mehr bedarf, um die Art der Aufnahme fremder Stoffe in die Pflanzenzelle vollständig zu erklären, da, wie später sich zeigen wird, dieser einfache Process sogar hinreicht, die grossartigsten Erscheinungen im Leben der ganzen Pflanze zu verstehen.

So einfach dieser ganze Process für sich erscheint, so liegen doch Elemente genug in ihm, durch deren Variation eine endlose Mannigfaltigkeit hervorgerufen werden kann, wie sie uns in dem Leben der einzelnen Zellen in der Wirklichkeit entgegentritt. Leider sind noch viel zu wenig Versuche über diese Verhältnisse angestellt, um überall der Wirklichkeit das erklärende Experiment an die Seite stellen zu können. Es sind insbesondere zwei Punkte die hier wichtig werden. Einmal ist es die grosse Mannigfaltigkeit der verschiednen sowohl in als ausser den Zellen aufgelöst vorkommenden Stoffe und die grosse Verschiedenheit in der Kraft, mit der sich dieselben gegenseitig anziehen. Besonders liegen über das Verhalten vieler gemischter Stoffe zu einander noch gar keine Versuche vor. — Zweitens kommt hier die Natur der trennenden Membran, also in der Pflanze der Zellenwand in Betracht. Wasser und Alkohol z. B. ziehen sich gegenseitig sehr kräftig an, im endosmotischen Apparat ist aber das Resultat sehr

verschieden, je nachdem die trennende Membran eine thierische Blase ist, oder ein dünnes Kaoutschoukblättchen. Im ersten Falle geht das Wasser zum Alkohol, weil Alkohol wenig oder gar nicht durch eine thierische Haut durchdringt, Wasser dagegen leicht; im zweiten Falle ist es aus gleichem Grunde grade umgekehrt, der Alkohol, welcher leicht durch eine Kaoutschouklamelle dringt, geht zum Wasser hinüber. Aehnliche Modificationen des einfachsten zum Grunde liegenden Processes müssen aber durch die zahllosen Verschiedenheiten der Zellenmembran hervorgerufen werden. Für die weitere Verfolgung dieser Verhältnisse ist als Warnung nur noch hinzuzufügen, dass man die ganz überflüssige und unbegründete Fiction der Porosität der organischen Membran gänzlich aus dem Spiele lasse, die hier eben so weit vom rechten Wege abführen wird, als die Atomistik in der Chemie.

Die Entdeckung dieses ganzen Processes machte *Dutrochet* zuerst bekannt in einem Aufsatz:

L'agent immédiat du Mouvement vital dévoilé dans sa nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. Paris, 1826.

Später wurde die Sache von *De la Rive*, *Poisson*, *Mitscherlich*, *Fischer* und *Magnus*, von *Dutrochet* selbst und Andern weiter verfolgt, worüber in *Poggendorff's* Annalen Bd. XI, 138. Bd. XXVIII, 134, 359 und in *Schweigger's* Journal Jahrgang LVIIII, 1 und 20, sowie in den verschiedenen Bänden von *Dove's* Repertorium nähere Nachricht gegeben ist.

§. 32.

Das allgemein in der Natur verbreitete Lösungsmittel, das Wasser, ist auch die von der Pflanzenzelle aufgenommene Flüssigkeit, welche derselben alle übrigen Stoffe zuführt. Unter den letztern sind Kohlensäure und Ammoniak die wesentlichsten, beide in jedem meteorischen oder längere Zeit mit der Luft in Berührung gewesenen Wasser enthalten. Wasser, Kohlensäure und Ammoniak enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, also alle zur Bildung der assimilirten Substanzen und somit zur eigentlichen Ernährung der Zelle wesentlichen Elemente. Daneben werden aber der Zelle gelegentlich noch in kleinen Theilen alle im Wasser löslichen Stoffe, deren das Wasser sich bemächtigen kann, zugeführt.

Nichts ist trotz der unendlichen Menge Arbeiten über die Ernährung der Pflanzen bisher noch unsicherer gewesen, als die Ansichten über die nothwendigen Nahrungsstoffe der Pflanze, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil man die Sache von hinten anfing und Experimente und Speculation an die ganzen complicirten Pflanzen verschwendete, statt sich erst nach dem Gesetz für die einfachsten Fälle umzusehen. Der einfachste und natür-

lichste Gegenstand für solche Untersuchungen ist aber *Protococcus viridis* oder eine andere Conferve, die aus einer oder wenigen Zellen besteht, alle allgemeinen und dem Leben der Zelle wesentlichen Stoffe enthält und frei schwimmend im Wasser lebt. Diese Pflanzen bedürfen zu ihrem Vegetiren nichts als reines Wasser, welches aus der Atmosphäre Kohlensäure und Ammoniak, welche beide stets darin enthalten sind, aufnehmen kann, und vielleicht eine geringe Quantität von unorganischen Salzen, deren Nothwendigkeit für die Vegetation dieser einfachsten Pflanzen bis jetzt aber nur nach Analogie mit den höheren Pflanzen postulirt wird, nicht aber erwiesen ist. Hiermit ist ihnen Alles gegeben was sie brauchen. Leicht ist aber das Experiment zu machen, dass sie in einem Wasser, welches man beständig mit einer grösseren Menge von Kohlensäure schwängert (etwa indem man ein Gefäss, welches gährende Stoffe enthält, durch ein Glasrohr mit demselben in Verbindung setzt), freudiger und üppiger gedeihen, als in einem Wasser, welchem man Dammerdeextract, also Humussäure und humussaure Salze zugesetzt hat. Sie gedeihen sogar in letzterem nicht so gut als in reinem Wasser, Beweis genug, wie unwesentlich diese Substanzen für das Leben der Zelle sind. Ausführlicher wird aber über diesen Punkt noch weiter unten bei Gelegenheit der Function der Wurzel zu sprechen seyn. Hier genügte es, den einfachsten Fall aufgewiesen zu haben, bei dem die Richtigkeit der aufgestellten Ansicht Jedem gleich einleuchtet und durch das einfachste Experiment, durch die Vegetation des *Protococcus viridis* sogleich erwiesen wird. Dass dagegen die rohen Versuche von *Meyen* *), der Pflanzen in carrarischem Marmor wachsen liess und mit kohlensaurem Wasser begoss, nichts beweisen, ist von selbst klar, denn die Kohlensäure musste eine auf jeden Fall für die Pflanzen schädliche Menge des kohlensauren Kalks auflösen. Wer solche Versuche anstellen will, sollte so bekannte chemische Thatsachen nicht übersehen.

Merkwürdig ist dass wie gewisse Pflanzenarten z. B. viele Carices und andere sogenannte Torfmoorpflanzen eine bestimmte Menge von freien Säuren des Humus, die doch im Allgemeinen der Vegetation ungünstig sind, zu ihrem Gedeihen zu fordern scheinen, so auch einige Pflanzen nur in einem Ueberschuss freier Gerbsäure gedeihen z. B. die kleine Conferve, welche die sogenannte Schimmelhaut auf Galläpfelinfusionen bildet; noch andere, z. B. *Mycoderma aceti*, bilden sich nur im entstehenden oder zersetzt werdenden Essig kräftig aus. Sehr wahrscheinlich ist in diesen Fällen die freie Säure ebenso wenig Pflanzennahrung als bei allen übrigen Pflanzen, aber die Art und Weise der Zersetzung der Säure wird ein begünstigendes Moment für die Vegetation der genannten Pflänzchen.

Ueber die Natur der stickstoffhaltigen Substanzen in den einfachsten Fällen und bei den einfachsten Pflanzen fehlt es noch sehr an Untersuchungen. Hier habe ich die Sache so aufgefasst als ob die allein nothwendige stickstoffhaltige Verbindung in der Pflanze reines Protein wäre. Nimmt man statt dessen Eiweiss, Faserstoff und Käsestoff, so müssen freilich um

*) Physiologie Bd. 2, S. 134 ff.

den Schwefel- und Phosphorgehalt zu liefern auch schwefel- und phosphorsaure Salze aufgenommen werden. Dadurch wird denn der ganze Vorgang viel complicirter. Die Reduction der P. und S.-sauren Salze zu P. und S.-metallen sowie die Zersetzung dieses in S. oder P. und Oxyd, setzt aber schon einen complicirten chemischen Process voraus, der wohl ohne Gegenwart N. haltiger Stoffe nicht denkbar ist, und daher erscheint es als die einfachste Annahme in der Pflanzenzelle zunächst die Bildung von Protein anzunehmen. Diese Annahme erscheint nun auch durch *Mulder's* Untersuchungen über die Essigmutter (*Mycoderma Pers.*) vollkommen gerechtfertigt, indem dieselbe sich aus Essigsäurehydrat und dem im Essig enthaltenen Eiweiss, Zellstoff und Protein bildet, welche beiden Stoffe sie sogar immer in ganz constantem Verhältniss enthält, nämlich 1 Aequivalent Protein auf 4 Aequivalente Zellstoff (vergl. *Liebig's* Annal. Bd. 46 S. 207). Eine ähnliche genaue Untersuchung über die Gährungszellen würde vom höchsten Interesse seyn.

Hier wäre noch zu bemerken, dass, da die Aufnahme durch die Endosmose bedingt ist, von der Zelle Alles aufgenommen wird, was ihr als völlige Auflösung dargeboten wird, also auch alle für sie schädlichen Substanzen, z. B. mineralische und vegetabilische Gifte sowie Gerbstoff, der durch Störung des chemischen Processes in der Zelle schnell ihr Leben endet. Der Zelle kommt in dieser Hinsicht keine Wahlfähigkeit zu als die, welche sich aus der grösseren endosmotischen Anziehung des Zelleninhalts gegen den einen oder den andern Stoff ergiebt; von keiner anderen Wahlfähigkeit haben wir den geringsten Beweis (in der Aufnahme der Gifte einen entschiedenen Gegenbeweis), also gehört sie vorläufig nicht in die Wissenschaft*). Auf der andern Seite ist jede Flüssigkeit zur Ernährung der Zelle untauglich, welche wegen ihrer specifischen Natur, z. B. Alkohol, oder wegen ihrer Dichtigkeit, z. B. concentrirte**) Gummi- und Zuckerlösung, die Endosmose unmöglich macht, sollte sie auch sonst Alles enthalten, was zur Ernährung der Zelle nothwendig ist***).

Endlich ist hier auch noch besonders Folgendes hervorzuheben. In dem eigenthümlichen chemischen Process, welcher einen Hauptantheil am Leben nimmt, tritt vielleicht mit einziger Ausnahme des Sauerstoffs kein einziges chemisches Element für sich als thätig auf, wie ja überhaupt in der Natur die unmittelbaren Verbindungen der Elemente unter einander, ohne dass eine schon fertige Verbindung mindestens Wasser vermittelnd hinzuträte, zu den minder häufigen Fällen gehören. Die Pflanzenzelle nimmt, so viel bis jetzt bekannt ist und aus bekannten Thatsachen sich schliessen lässt, kein einziges chemisches Element ausser dem Sauerstoff in sich auf, um es sich anzu-

*) Man vergleiche hier auch die Versuche von *de Saussure*. (Chemische Untersuchungen über die Vegetation. A. d. Fr. von *Voigt*. Leipzig, 1805, S. 228 ff.

**) Die Versuche von *de Saussure* und *Davy* beweisen entschieden, dass Pflanzen in diluirter Zucker- oder Gummilösung vortrefflich gedeihen.

***) Vergl. auch *Davy*, Elemente der Agriculturchemie. Aus d. Engl. von *Wolff*. Berlin, 1814, S. 305.

eignen. Nur Stickstoff scheint, aber als völlig indifferenter und unthätiger Stoff, im Wasser gelöst aufgenommen und (vielleicht mit einer einzigen Ausnahme der Ammoniakbildung) ebenso wieder ausgeschieden zu werden. Dagegen sind es insbesondere zwei äusserst leicht zersetzbare Verbindungen, deren chemisches Spiel die Ernährung einleitet und erhält, nämlich Wasser, Ammoniak und Ammoniaksalze, neben denen die Kohlensäure eine verhältnissmässig träge Rolle zu spielen scheint. Hieraus ergiebt sich die Warnung, dass alle Berechnungen über Zusammensetzung und Metamorphose organischer Körper keinen Sinn haben, sobald sie von den reinen Elementen und nicht von den Verbindungen ausgehen, die wirklich allein aufgenommen werden.

II. *Assimilation der aufgenommenen Stoffe und Secretion.*

§. 33.

Die assimilirten Stoffe (*Materia assimilata*) bestehen nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff (zuweilen mit etwas Schwefel und Phosphor), diese sind also und zwar auch nur in bestimmten Verbindungen als Kohlensäure, Wasser und Ammoniak allein die assimilirbaren. Sobald dieselben auf die angegebene Weise ins Innere der Zelle geführt sind, so entstehen chemische Processe, deren erster Anfang in dem Zerfallen der Ammoniakverbindungen und einer (vielleicht dadurch hervorgerufenen), Wasserzersetzung, deren Fortgang sicher zum grossen Theil in der Einwirkung assimilirter stickstoffhaltiger Stoffe (Schleim) auf stickstofffreie Substanzen besteht. So bilden sich wahrscheinlich immer g l e i c h z e i t i g Schleim und stickstofffreie Substanzen.

„Assimilirte" Stoffe nenne ich nur die, welche oben in der Stofflehre unter diesem Namen aufgezählt sind, und zwar mit gutem Bedacht. Nur das, was sich die einfache Zelle aneignet, sich verähnlicht, was zu ihrer Bildung und Erhaltung im einfachsten Falle durchaus nothwendig ist, kann hier aufgeführt werden, weil man dies allein als allgemein für alle Pflanzenzellen in Anspruch nehmen darf. Damit soll freilich nicht gesagt seyn, dass das oben aufgeführte Register schon vollständig ist; vielleicht kommen noch manche Stoffe hinzu, die ich vorläufig ausgeschlossen habe, weil wir ihre Beziehung zu den andern noch nicht genau kennen, z. B. Harz, welches sehr häufig vorkommt, aber doch nirgends auf eine Weise, wie fettes Oel, dass wir seinen Uebergang in die genannten assimilirten Stoffe bestimmt annehmen müssten. Auf diese Weise aber bekomme ich einen leicht festzuhaltenden Unterschied zwischen assimilirten Stoffen und Secretionsbildungen, während sonst die Grenze gar nicht zu ziehen ist und rein willkürlich bleibt. Hier wie überall versteht es sich von selbst, dass alle angebliche

Analogie mit den Thieren (vergl. oben S. 146 f.) als gänzlich unanwendbar aus dem Spiel bleibt und die Worte nur einen eigenthümlichen botanischen Begriff bezeichnen.

Man kann immerhin zugeben, dass wir in diesem Augenblick von den wirklich in der Pflanzenzelle vorgehenden Processen des Stoffwechsels und der Stoffbildung noch nicht einen einzigen mit Sicherheit als einen bestimmten chemischen Process bezeichnen können, und dennoch bleibt die Behauptung durch die vollständigste Induction begründet, dass allen diesen Processen die allbekannten chemischen Stoffe, Kräfte und Gesetze zum Grunde liegen müssen. Dass überhaupt chemische Processe hier vorgehen, dass die Stoffe denselben Gesetzen gehorchen als ausser dem sog. Organismus, hat zunächst die unbedingte Präsumtion für sich und müsste erst aufs Strengste widerlegt werden. Alle Stoffe die im Organismus sich vorfinden, stammen als aus erster Quelle aus der unorganischen Welt. Diese Stoffe, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff u. s. w. sind durch die eigenthümliche Combination der Grundkräfte in ihnen ganz bestimmt specificirte Arten der Masse und sowie Masse und Kraft unveränderlich sind, haben wir bis jetzt auch noch nicht die leiseste Andeutung darüber, dass es die Stoffe und ihre Kräfte nicht eben so wären, vielmehr ist die ganze Gesetzmässigkeit und Einfachheit in den unorganischen Verbindungen eine so vollständige Induction, wie nur irgend denkbar ist dafür, dass die empirischen Elemente auch wirkliche Elemente seyen. Man kann es also ruhig abwarten, bis die, welche die Lebenskraft als Deckmäntelchen ihrer physikalischen und chemischen Unwissenheit gebrauchen, einen bündigen Beweis geliefert, dass im Organismus die Elemente eine andere Natur annehmen, wirklich andere Kräfte zeigen, d. h. in andere Stoffe oder gar in einander übergehen. So lange dieser Beweis nicht geliefert ist, und er kann und wird nie geliefert werden, steht es fest, dass alle Gesetze der Chemie auch im Organismus unbedingte Anwendung finden. Zu demselben Resultate führte uns aber auch von anderer Seite die Thätigkeit der neueren Chemiker*), deren Arbeiten uns die völlige Homogeneität der Stoffe und Processe in und ausser dem Organismus auf einer breiten und sichern Basis inductorisch bewiesen haben. *Liebig* und *Mulder* insbesondere haben uns gezeigt, dass wo wir in den Ablauf der Erscheinungen des Stoffwechsels im Organismus hineingreifen und ihn dann nach den Gesetzen des sog. todten Chemismus fortführen, wir beständig zu Resultaten gelangen, welche mit denen des Organismus völlig übereinstimmen. — Aber beide scheinen anfänglich nicht beachtet zu haben, dass wir damit doch noch nicht zur wirklichen Erkenntniss des chemischen Theils des Pflanzenlebens gelangt sind und dass alle die genialen Entwickelungen, wie sie durch *Liebig* gegeben oder hervorgerufen sind, bis jetzt doch nur wie er selbst sagt: „Bilder zur Versinnlichung des Vorgangs“ bleiben.

Der eigentliche Eingang in diese ganze Lehre ist und kann nur ein physiologischer seyn, und da wird die erste Frage: die „aus welchen Stoffen

*) *Liebig* und seine Schule, *Mulder*, *Dumas* etc.

bildet sich die einfachste Pflanzenzelle, und durch welche chemische Processe? und die zweite „aus welchen Stoffen und auf welche Weise bilden sich die einfachsten Stoffe, welche fast jede Pflanzenzelle enthält. Für die Stoffe sind wir in beiden Fällen durch die Bemühungen der Chemiker von *de Saussure* bis *Liebig* völlig aufgeklärt, dass Kohlensäure, Wasser und Ammoniaksalze in den einfachsten und ursprünglichsten Fällen die einzigen und ausschliesslichen Stoffe sind, aus denen die Bildung der assimilirten Stoffe hervorgeht. — *Liebig* hat hier insbesondere *) auf die Verkehrtheit derjenigen aufmerksam gemacht, welche sich sehr weise und chemisch gebildet dünken, wenn sie mit den chemischen Elementen in den Tag hineinrechnen und nach Belieben combiniren, um die organischen Verbindungen zu erklären. Eine Thatsache vielmehr, die schon bei den unorganischen Processen so höchst einflussreich sich zeigt, ist ganz besonders für die chemischen Vorgänge im Organismus von höchster Bedeutung, nämlich dass eine Verbindung um so leichter erfolgt, wenn eine Zersetzung vorhergeht, dass zwei Elemente sich um so sicherer vereinigen, wenn eins oder beide in dem Momente der Verbindung erst aus einer andern Verbindung austreten, frei werden, wie man es ausdrückt, in *statu nascenti* sind. Unter den genannten Stoffen sind zwei, Wasser **) und Ammoniaksalze **), von denen wir wissen, dass sie durch die schwächsten Anstösse zersetzt werden, dass wie bei der Wasserstofferzeugung aus Zink und schwefelsaurem Wasser vielleicht nur die geringe elektrische Spannung in der Berührung ungleicher Körper hinreicht den Sauerstoff vom Wasserstoff zu trennen oder dass Erwärmung, Auflösung und so weiter oft schon genügen, die Ammoniaksalze zu zersetzen oder ohne Zersetzung in Stoffe mit ganz neuen Eigenschaften überzuführen. Durch die Zersetzung eines einzigen Aequivalents Wasser ist aber schon der Anstoss gegeben zu einer endlosen Kette auf und aus einander folgender chemischer Processe zu einem Spiel von Bildungen, Umbildungen und Zersetzungen, die zusammengenommen den lebendigen Stoffwechsel bedingen oder vielmehr er selbst sind. — Immer bleibt es hier aber noch als Aufgabe stehen zu bestimmen, was der erste Anstoss in der Wirklichkeit ist. *Liebig* sagt sehr richtig, für das Endresultat bleibe es einerlei, ob Kohlensäure, ob Wasser zersetzt werde; für die Erklärung der w i r k l i c h in der Pflanze vorgehenden Erscheinungen ist die Frage nach dem ersten Anfang aber grade die allerwichtigste und mit allen geistreichen Combinationen ist nichts für das wirkliche Verständniss gewonnen, bis die Vorfrage entschieden ist. Die schon von *Liebig* am angeführten Orte entwickelte Warnung bei der Erklärung der chemischen Vorgänge im Organismus nicht von den Elementen sondern von den gegebenen Verbindungen auszugehen, lässt sich aber noch weiter aus-

*) Das Verhältniss der Chemie zur Physiologie und Pathologie. Darmstadt, 1844.

**) *Liebig* Chem. in Anw. auf Agric. und Physiol. (V. Ausg.) S. 44 ff. und S. 50 ff.

dehnen und muss weiter ausgedehnt werden. Wir dürfen auch nicht dabei stehen bleiben, dass wir versuchen die Bildung der Stärke z. B. aus der Zersetzung von Kohlensäure und Wasser zu erklären. Wo Pflanzen wachsen, wo Zellen sich bilden, sind überall auch im allereinfachsten Falle immer g l e i c h z e i t i g Wasser, Kohlensäure u n d Ammoniakverbindungen gegenwärtig und also auch wahrscheinlich thätig. Ueberall sehen wir die stickstofffreien Substanzen g l e i c h z e i t i g mit den stickstoffhaltigen auftreten. — Wir müssen also bei unsern Erklärungen immer alle drei berücksichtigen und die E n t s t e h u n g stickstoffhaltiger und stickstofffreier Bestandtheile z u g l e i c h aus demselben Process ableiten. Dafür bietet sich uns eine annehmbare Analogie in der Bildung des Essigs und der Essigmutter, welche letztere nach *Mulder* aus 1 Aequiv. Protein auf 4 Aequiv. Zellstoff besteht, wie folgendes Schema zeigen kann.

	C	H	O	N
74 Wasser (H^2O) = ...	—	148	74	—
94 Kohlensäure (CO^2) = . . .	94	—	188	—
2 Kohlensaures Ammoniak ($H^2N^6CO^2$)^2 = ...	2	4	4	12
	96	152	266	12.
Daraus bildet sich				
1 Protein = ...	48	72	14	12
4 Zellstoff ($C_{12}\ H_{20}\ O_{10}$) =	48	80	40	—
212 Sauerstoff = ...	—	—	212	—
	96	152	266	12

Die 212 O würden dabei grade hinreichen 53 Aequiv. Alkohol in Essigsäure zu verwandeln.

Sehen wir aber von der gleichzeitigen Bildung der stickstoffhaltigen Substanzen ab, so haben wir einfach die Bildung aller hier in Betracht kommenden Substanzen aus kohlensaurem Wasser in folgendem Schema:

	C	H	O
12 Kohlensäure = ...	12	—	24
24 Wasser = ...	—	48	24
	12	48	48
24 O = ...	—	—	24
X = ...	12	48	24
x = 1 Traubenzucker + 12 Wasser =	12	24	12 + 12 H^2O
oder 1 {Zellstoff, Dextrin, Rohrzucker, Inulin} + 14 „ =	12	20	10 + 14 H^2O
„ 1 Holz (*Prout*) + 16 „ =	12	16	8 + 16 H^2O.

Dabei bedarf es zur Erklärung keiner weiteren Annahme als der Wasserzersetzung unter Entbindung von Sauerstoff und der Ausscheidung von mehr oder weniger Aequivalenten Wasser, Processe, von denen wir wissen dass

sie alle drei beständig bei der Umänderung organischer Stoffe wirklich vorkommen.

Einer der wichtigsten Bestandtheile ist wohl ohne Zweifel die Dextrine. In allen Flüssigkeiten, die bildungsfähig sind, kommt Dextrine vor (*Mitscherlich, Mulder*) und wahrscheinlich ist Dextrine als der Grundstoff anzusehen, aus welchem alle andern assimilirten Bestandtheile hervorgehen. Bei dieser Umsetzung spielen dann auch sicher die stickstoffhaltigen Bestandtheile die interessante Rolle, die Umwandlung der Stoffe in einander zu vermitteln, ohne selbst dabei eine Veränderung zu erfahren. Diese Eigenschaft hat man mit sehr verschiedenen Namen belegt, ohne bis jetzt im geringsten eine Erklärung dafür geben zu können. Es ist eine grosse Täuschung, wenn *Liebig* glaubt, etwas mehr als ein anderes Wort für die Sache gegeben zu haben. Es bleibt deshalb auch völlig gleichgültig, ob man die mit dieser Eigenschaft begabten Substanzen, nach *Berzelius* katalytische, nach *Mitscherlich* Contactubstanzen oder nach *Liebig* einen in Thätigkeit begriffnen Körper nennen will. Vorläufig müssen wir uns an der Kenntniss der Thatsache genügen lassen, dass Schwefelsäure in der Wärme das Stärkemehl in Dextrin und Zucker, den Alkohol in Aether umwandelt, dass Diastase ebenfalls Stärke in Dextrin und Zucker überführt, dass Eiweiss, Protein u. s. w. Zucker in Alkohol überführen u. s. w. *Liebig's* „Mittheilung der Bewegung" als Bezeichnung der Einwirkung des einen Stoffes auf die andern beruht einestheils auf der unhaltbaren Atomistik und ist anderntheils mechanisch falsch aufgefasst. Die Grösse der Bewegung wird gemessen durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit. Ein Theil Diastase erstreckt aber seine zersetzende Kraft auf 1000 Thl. Stärke. Man müsste also im Atom der Diastase eine Geschwindigkeit annehmen 1000mal so gross als zur Zersetzung eines gleichen Gewichts Stärke nothwendig wäre. Es ist leicht einzusehen, dass man auf der schwächsten Basis hier ein Riesengebäude der kühnsten Hypothesen aufeinanderthürmen müsste, um zum Ziele zu gelangen. Auf der andern Seite ist der Einwurf *Liebig's* gegen den an sich unverfänglichen Ausdruck Contactsubstanz (dass es nämlich ohne Beispiel sey, dass ein ruhender Körper einen andern in Bewegung setze) auch von der atomistischen Erklärungsweise des chemischen Processes entlehnt und ebenfalls physikalisch falsch. Die Gravitation, der Magnetismus, die elektrische Anziehung sind lauter Beispiele der Bewegung eines Körpers durch einen ruhenden.

Mag dem übrigens seyn wie ihm wolle, so sind wir damit doch noch nicht weit gefördert, denn wenn diese eigenthümliche Einwirkung eines Stoffes auf einen andern wohl genügen mag uns die Ueberführung der einzelnen Arten der assimilirten Stoffe in einander zu erklären, so fehlt uns doch noch immer der Anfang, der wohl nicht den stickstoffhaltigen Substanzen zugeschrieben werden darf.

Das Wichtigste bei dem ganzen Vorgange scheint die Wasserzersetzung zu seyn, man weiss aber noch nicht auf wessen Rechnung man dieselbe zu setzen habe. Fast alle Pflanzenzellen bedürfen zu ihrer Entwickelung des Einflusses des Lichts. Noch fehlt es aber an Versuchen darüber, wie viel

von der Einwirkung namentlich des Sonnenlichts auf Rechnung der einzelnen farbigen Strahlen, der Wärmestrahlen, der einleitenden oder der fortführenden chemisch wirkenden Strahlen zu setzen sey. Nur so viel wissen wir aus *de Saussure's* Versuchen gewiss, dass unter dem Einflusse des Sonnenlichtes vorzugsweise die Kohlensäure der Luft in den Zellen fixirt wird, also sich mit dem Wasserstoff des Wassers verbindet, ein Process, der gar nicht oder in geringerem Grade beim völligen Ausschluss des Lichtes stattfindet. Dass hier das Licht durch Wasserstoffgas ersetzt werden kann, scheinen die interessanten Versuche *Humboldt's* *) zu beweisen. Auch bei der Einwirkung der katalytischen Substanzen fehlt es an genauer Kenntniss der einzelnen wirklichen Vorgänge, nur so viel bleibt uns als sicheres Resultat, dass wir hier allein mit chemisch-physikalischen Vorgängen zu thun haben, deren vollständige Entwickelung über kurz oder lang gelingen muss.

§. 34.

Bei der Bildung der assimilirten Substanzen werden viele Stoffe frei, die unter sich oder mit den gleichzeitig aufgenommenen nicht assimilirbaren Substanzen neue Verbindungen eingehen, entweder ihrer natürlichen Verwandtschaft folgend, oder durch Contactwirkung, prädisponirende Verwandtschaft u. s. w. veranlasst. Alle auf diese Weise gebildeten Stoffe nenne ich Secrete (*Materia secreta*) der Zelle. Einige von diesen sind sehr allgemein, so dass sie jeder Zelle zukommen, z. B. freier Sauerstoff, oder wenigstens dann, wenn sie unter bestimmten Bedingungen vegetirt, z. B. der grüne Farbestoff; andere sind weniger verbreitet und ihre Bildung hängt noch von ganz besonderen Verhältnissen ab, z. B. Coniin, Solanin und dergleichen. Die chemischen Processe dabei sind uns noch grösstentheils verborgen. Zweierlei bleibt hier zu bemerken. Einmal, dass sich nicht selten Secrete bilden, die der Zelle schädlich wären, wenn dieselben nicht durch von Aussen aufgenommene unorganische oder gleichzeitig neugebildete organische Stoffe neutralisirt würden, so z. B. Oxalsäure durch den von Aussen aufgenommenen Kalk, die meisten Alkaloide durch die zugleich erzeugten organischen Säuren. Zweitens bilden sich häufig Stoffe, z. B. Gerbestoff, Harz u. s. w., die grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und daher auch aus der Umgebung der Zelle eine bedeutende Menge Sauerstoff absorbiren.

*) *Florae fribergensis specimen p.* 180 *sqq.*

Fehlt es schon bei den einfachen im vorigen Paragraphen besprochenen Verhältnissen an genauen Versuchen unter genügend einfachen Verhältnissen, um alle Einzelheiten richtig würdigen zu können, so tritt der Mangel noch mehr bei den hier zu besprechenden verwickelteren Vorgängen *uns* entgegen. Doch hat man im Einzelnen Andeutungen genug, um auch hier einzusehen, dass Alles auf chemisch-physikalische Processe hinausläuft. Der Hauptgrund der Unsicherheit liegt besonders darin, dass es der Chemie noch nicht gelungen ist, grade bei den Stoffen, die hier am meisten in Frage kommen, bei den sogenannten indifferenten Stoffen, eine genügende Einsicht in ihre chemische Zusammensetzung zu erlangen. Bei vielen, z. B. Stärke, Zucker u. s. w. weiss man zwar, wie man sie aus den Elementen zusammengesetzt ansehen k a n n, z. B. aus 12 C und 10 Wasser, aber nicht wie sie wirklich zusammengesetzt s i n d, bei vielen weiss man auch das Erste noch nicht, bei keinem weiss man bis jetzt, wie er w i r k l i c h aus den Elementen e n t s t e h t. Das Letztere wenigstens für Einen der assimilirten Stoffe nachgewiesen könnte aber allein die erste Grundlage bilden, um durch Schlüsse und Analogien in diesem Felde weiter zu helfen.

Alle diejenigen Stoffe, die neben den assimilirten Stoffen in der Pflanzenzelle entstehen, nenne ich Secrete. Diese Eintheilung habe ich so eben (S. 278) gerechtfertigt. Ob nicht später noch manche Stoffe aus dieser Abtheilung in die der Assimilirten versetzt werden müssen, ist noch nicht zu entscheiden, thut aber der Richtigkeit der Eintheilung keinen Eintrag. Noch unsicherer bleibt fürs Erste die Grenze zwischen Secreten und Excreten, da noch nicht gewiss ist, ob die Milchsaftgefässe, die die meisten eigenthümlichen Stoffe enthalten, zu den ächten Zellen gehören oder nicht.

Man könnte die ganze Reihe von Secretionsstoffen, zu denen alle eigenthümlichen Pflanzenstoffe gehören, wieder nach ihrer grösseren oder geringeren Verbreitung in der Pflanzenwelt eintheilen. Es ist aber, da man wenig oder gar nichts von ihrer Bedeutung für das Leben der Zelle weiss, fürs Erste noch ganz überflüssig, hier davon zu sprechen. Wir müssen das ganz der Chemie überlassen.

Ein paar Puncte müssen indess hier hervorgehoben werden. Die Zelle nimmt mit dem Wasser verschiedene Salzlösungen auf. Ein Theil derselben sind unorganische, ein Theil organische. Von den ersteren bleibt vielleicht ein Theil in der Zelle beim Verdunsten des Wassers zurück. Ein Theil sowie die andern alle werden auf mannigfache Weise durch die chemischen Processe im Innern der Zelle zersetzt. Daraus gehen neue Stoffe hervor, die wieder zersetzend auf einander und die schon vorhandenen einwirken können, und dadurch wird der ganze Vorgang noch mehr complicirt. Eines Theils der Salzbasen scheint aber auch die Pflanzenzelle bestimmt zu bedürfen, um durch Neutralisiren die für die nothwendigen Processe störenden Säuren fortzuschaffen. Bei den Cacteen lässt sich daraus das Vorhandenseyn der grossen Menge von oxalsaurem Kalk erklären, von denen die schädliche Oxalsäure offenbar in der Zelle gebildet, der Kalk aber als saurer kohlensaurer Kalk von Aussen aufgenommen ist und sich mit jener zu einem un-

löslichen und somit unschädlichen Salze verbindet. *Liebig* *) hat eine geistreiche Andeutung gegeben, dass eine gewisse Quantität von Basen bei jeder Pflanze auf jedem Standorte constant zu seyn scheine. Vielleicht sind das solche, deren die Zelle nicht entbehren kann, um die chemischen Processe in ihr auszugleichen. Ein ähnliches Verhältniss mag, wie im Paragraphen angedeutet, auch zwischen einigen in der Zelle selbst gebildeten schädlichen Stoffen stattfinden, die sich zusammen zu einem unschädlichen Salz verbinden.

Sodann wird hier wichtig, dass sich durch die chemischen Processe in der Zelle auch eine Menge Stoffe bilden, die eine grosse Verwandtschaft zum Sauerstoff haben. Diese werden, wenn ihnen in der Zelle selbst nicht genügender Sauerstoff dargeboten wird, denselben von Aussen aufnehmen, da nach *Dalton's* und *Graham's* Versuchen eine feuchte Membran dem Durchdringen von Gasarten kein Hinderniss in den Weg legt. Auf diese Weise entsteht eine ganz neue Aufnahme von fremden Stoffen in die Zelle, die von der eigentlichen Ernährung ganz unabhängig ist. Bis jetzt ist noch nicht zu entscheiden, ob auf diese Weise nicht auch noch andere Gasarten, z. B. Kohlensäure von dem Zelleninhalt aufgenommen werden. Gewiss ist, dass durch diese Oxydation die Stoffe in ein anderes Verhältniss zu den schon vorhandenen gesetzt werden müssen und so abermals ein neues Spiel chemischer Thätigkeiten einleiten können.

III. *Von der Ausscheidung der Stoffe aus der Pflanzenzelle.*

§. 35.

Der Endosmose, wodurch Flüssigkeiten in die Zelle geführt werden, entspricht nothwendig eine Exosmose. Ein kleiner Theil des Zelleninhalts tritt heraus. Auch hier ist kein Wahlvermögen der Zelle anzunehmen, sondern Alles, was im Zelleninhalt gelöst ist, wird mit ausgeschieden und nur in der Weise tritt eine Modification ein, dass hier wie bei der Endosmose die verschiedene Anziehung der einzelnen Stoffe innerhalb und ausserhalb der Zelle zu einander sich geltend macht.

Hierüber ist bis jetzt nur bei Gelegenheit der Wurzelausscheidung die Rede gewesen. Erst müssen wir aber fragen wie es bei der einzelnen Zelle steht, denn nur aus solchen besteht das Aeussere der Wurzel. Hier ist nun gleich klar, dass wo Endosmose ist auch Exosmose stattfinden muss, und das Leugnen der Ausscheidung von solchen, die (wie *Meyen* **)) Endosmose als Grund der Aufnahme angeben, ist ganz unbegreiflich. So

*) Organische Chemie S. 85 ff.

**) Physiologie Bd. 2, S. 27 ff. und 524 ff.

viel versteht sich aber von selbst, dass hier nicht die Rede davon seyn kann, dass die Pflanze die Eigenschaft hat, diejenigen Stoffe, die ihr nicht brauchbar sind, auf diesem Wege abzuführen, wenn wir nicht eine physikalische oder chemische Ursache dafür anzugeben im Stande sind, warum grade diese Stoffe vorzugsweise ausgeschieden werden sollten. So gut wie der auf eine bestimmte Weise eingeleitete chemische Process, den wir Zellenleben nennen, nicht fortgeführt werden kann, wenn die Zelle nicht die dazu nöthigen Stoffe durch Endosmose erhält, ebensogut hört dieser Process auch auf, wenn ihr die störenden Stoffe nicht durch Exosmose oder durch andere physikalische Vorgänge entzogen werden, aber keinen Sinn hat es zu sagen, ihr käme die Kraft zu, was ihr schädlich ist, auszuscheiden, schon deshalb, weil das ein Urtheil über schädlich und unschädlich voraussetzen würde, was doch für die Pflanze ohne Sinn ist.

Die durch Exosmose ausgeschiedenen Stoffe können aber im Augenblick des Austritts schon wieder durch die ihnen entgegentretenden Einflüsse verändert werden, so dass wir vielleicht in vielen Fällen das eigentliche Product der Exosmose gar nicht kennen lernen. Hierfür spricht eine höchst merkwürdige Analogie. Der Keimungsprocess verwandelt vermöge des Klebers die Stärke in Dextrin, dieses in Zucker und diesen abermals in andere Stoffe, dabei wird Kohlensäure entbunden und Essigsäure *) ausgeschieden, die sich aber in den Keimen nicht frei vorfindet. In der Gährung verwandelt der Kleber die Stärke in Gummi, Zucker und zerlegt diesen in Kohlensäure und Alkohol, welcher sich leicht (z. B. durch Platinmohr) mit condensirtem Sauerstoffgas in Essigsäure verwandelt. Gewiss ist hier die Analogie so schlagend, dass man versucht wird, die fehlenden Momente durch die Hypothese zu ersetzen, dass auch beim Keimen Alkohol gebildet, aber sogleich beim Austreten mit Sauerstoff zu Essigsäure verbunden ausgeschieden wird.

Zweierlei kommt hier noch in Betracht, was gewiss die Exosmose beträchtlich modificirt. Das Eine ist eine entschiedene Verwandtschaft zwischen Stoffen ausserhalb der Zelle und solchen, die immer frei vorhanden sind, dass sie dieser Anziehung folgen können, und zweitens die Anziehung, die gleichartige Stoffe zu einander zu haben scheinen. Aus einer Flüssigkeit, die zwei verschiedene Salze in concentrirter Lösung enthält, kann man durch Hineinlegung eines Krystalls der einen oder anderen Art das eine oder das andere Salz auskrystallisiren lassen. Ebenso scheint eine Zelle bestimmte Stoffe vorzugsweise dahin abzugeben, wo sich schon eine grössere Menge desselben Stoffes befindet. Wenigstens erklärt sich so am leichtesten, warum die einen Gummigang begrenzenden Zellen grade nur Gummi in denselben hinein absondern.

Manches hierüber wird noch unten bei der Wurzel vorkommen.

*) Nach *Becquerel*.

§. 36.

Wenn in der Zelle freie Gasarten vorkommen und zwar mehr als die Flüssigkeit aufgelöst festhalten kann, so entweichen sie natürlich durch die Zellenwand, die ihrem Austritt kein Hinderniss in den Weg legt. Wenn die Flüssigkeit grade mit einer Gasart gesättigt ist, so kommt es auf die Natur der in der Umgebung der Zelle enthaltenen Gasart an, ob nach dem Dalton'schen Gesetz des Gleichgewichts der Gase ein theilweiser Austausch erfolgt oder nicht. Die auf diese Weise entbundenen Gasarten sind hauptsächlich Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserstoff.

Die am allgemeinsten vorkommenden Processe in der Zelle sind Wasserzersetzung mit Bindung des Wasserstoffs und Zersetzung der assimilirten Stoffe unter Bildung von Kohlensäure *), seltener wie bei den Pilzen Wasserzersetzung mit Freiwerden des Wasserstoffs **). Dazu kommt, dass mit dem Wasser von der Pflanzenzelle auch die in demselben gelösten Gasarten, namentlich Kohlensäure aufgenommen werden. So finden sich in derselben beständig freie Gasarten, die nicht immer gleich in andere chemische Verbindungen eintreten, also frei aus der Zelle entweichen müssen. Hier bieten sich uns nur die beiden im Paragraphen genannten Verhältnisse dar. Der Process wird zuweilen sehr einfach auftreten, z. B. bei der so einfach vegetirenden Confervenzelle, wo nur Kohlensäure aufgenommen und nur Sauerstoff in Folge der Wasserzersetzung ausgeschieden wird ***). Hier kann die Dalton'sche Austauschung der Gase nicht wohl in Betracht kommen, weil die Quantitäten nicht dem Gesetz entsprechen.

Den Zelleninhalt dem Gummi und Zuckerwasser gleichgesetzt enthält derselbe ohngefähr 70 Volumenprocente Kohlensäure, wenn er ganz gesättigt ist. Wird diese gebunden und eine aequivalente Menge Sauerstoff frei, so müssen ohngefähr 63 Volumen % entweichen, weil nur etwa 6—7 Vol.% von derselben Flüssigkeit aufgelöst erhalten werden können; also entweichen etwa $^9/_{10}$ des Volumens der aufgenommenen Kohlensäure als Sauerstoff. *De Saussure's* directe Versuche an Pflanzen weisen nun nach, dass grade dies ohngefähr das Verhältniss zwischen aufgenommener Kohlensäure und entweichendem Sauerstoff in der Wirklichkeit ist. — Modificirt werden die bestimmten Maasse allerdings noch durch viele kleine Ne-

*) Vergl. weiter unten bei der Lehre vom Keimen.

**) Vergl. *v. Humboldt, Flor. frib. spec. p.* 179 *sq.*

***) Grade hierbei wurde zuerst von *Priestley* im Jahr 1773 der ganze Process der Gasausscheidung und zugleich das Sauerstoffgas entdeckt. Vergl. *Priestley* Beobachtungen und Versuche über verschiedene Gattungen der Luft. A. d. Engl. Wien u. Leipzig, 1778—80. 3 Theile.

benumstände, indem ein Theil der aufgelösten Gasarten nach dem Dalton'schen Gesetz ausgetauscht, ein Theil chemisch gebunden werden kann u. s. w.

Man nennt dies gewöhnlich den Athmungsprocess der Pflanze mit eben der Verkehrtheit, womit man überhaupt die Prädicate des Thieres auf die Pflanze überträgt. Sehr viel complicirter wird natürlich der Vorgang, wo neben dem genannten einfachen Zersetzungsprocess, wie gewiss häufig geschieht, noch durch andere chemische Zersetzungen Gasarten frei werden und zugleich die in der Zelle enthaltenen Stoffe (Harze und dergl.) Gasarten, z. B. Sauerstoff von Aussen aufnehmen, um sich damit zu verbinden.

IV. *Gestaltung der assimilirten Stoffe.*

§. 37.

Durch die assimilirten Stoffe wächst die Pflanzenmembran auf eine solche Weise, dass sie ebensowohl ausgedehnt wird, also einen grösseren Raum umschliesst, als auch in ihren Wänden verdickt wird.

Wahrscheinlich ist hier die Ursache des Wachsthums die Anziehung des Gleichartigen, wie bei dem Krystall, der in eine Flüssigkeit gelegt derselben die ihm gleichen Theile entzieht und dadurch wächst. Nur lagert sich hier der angezogene Stoff nicht schichtenweise auf die Fläche des schon Geformten ab, sondern durchdringt in halbflüssigem Zustande die fertige Membran, um sich in ihr gleichförmig zu vertheilen, mehr aber in der Richtung der Fläche als in der der Dicke sich mit dem schon fertigen Stoff verbindend. Deshalb findet man, dass, so lange die Zelle homogen fortwächst, dieselbe nie eine bedeutende Dicke erreicht. Wir haben gar keinen vernünftigen Grund anzunehmen, dass die isolirte Zelle schon durch Apposition wachse, vielmehr deutet Alles darauf hin, dass hier eine ächte Intussusception stattfinde. Eine geistreiche Erörterung hierüber hat *Schwann**) gegeben. Dass zuweilen ein Theil der Membran stärker ernährt wird als der andere, ist schon oben (§. 24. u. 25.) erörtert.

§. 38.

Zu einer bestimmten Zeit hört aber die Zellenmembran ganz oder doch grösstentheils zu wachsen auf, und die assimilirten Stoffe, die von nun an in der Art gebildet werden, dass sie in eine feste Form übergehen müssen, lagern sich in einer eigenen Schicht auf die innere Fläche der Membran ab und zwar in den schon oben (§. 16.) betrachteten

*) Mikroskopische Untersuchungen S. 229 ff.

Formen. Dieser Process wiederholt sich dann so oft, als noch Stoffe gebildet werden.

Bei der Krystallbildung finden wir, dass sich die den Krystall vergrössernden Schichten stets nur in einer bestimmten Dicke bilden, und wenn diese Dicke erreicht ist, die Bildung einer neuen Schicht beginnt. Ganz dasselbe finden wir in der Pflanzenzelle, nur mit dem Unterschiede, dass diese hohl ist und die Mutterlauge sich im Innern befindet, weshalb sich die neuen Schichten auch von Innen anlagern. Von der Ursache, die bei diesen neuen Schichten die spiralige Anordnung veranlasst, wissen wir noch nicht das Geringste. Nur so viel kann man bis jetzt sagen, dass sich in der runden, oder länglichen isolirten Zelle weder Schichtenbildung, noch auch eben deshalb spiralige Anordnung derselben zeigt. Die erste Andeutung davon finden wir in den *Spirogyra*-arten, aber hier ist der spiralig abgelagerte Stoff nicht Bildungsstoff für die Zelle, sondern Chlorophyll, welches in dieser eigenthümlichen Form auftritt. Dieses spiralige Chlorophyll ist eine nach Aussen concave Rinne und nimmt in seine Höhlung einen wasserhellen Stoff auf, der vielleicht eine wirkliche Spirale ist. Doch muss ich gestehen, dass mir die Sache noch sehr unklar blieb.

Leicht ist einzusehen, dass es ein sehr variables Verhältniss seyn muss, in welchem die neue Schicht zu der alten rücksichtlich ihrer Vereinigung steht. Das Wachsthum der primären Zellenmembran dauert oft noch einige Zeit fort, nachdem die zweite Schicht schon gebildet ist, und da muss sich natürlich diese neue Schicht von der alten trennen, wenn sie im Wachsthum nicht gleichen Schritt hält. Besteht die neue Schicht, was sehr häufig der Fall zu seyn scheint, aus einer andern Modification des assimilirten Stoffes, oder ist die erste Schicht sehr fest und unlöslich geworden, ehe sich die andere bildete, so wird ebenfalls eine weniger enge Verbindung beider stattfinden u. s. w. Nichtsdestoweniger bleibt die neue Schicht ihrem Wesen nach immer dasselbe, nur ihre Form wechselt in Folge dieser Verschiedenheiten, wie schon oben (§. 17.) weiter ausgeführt ist.

§. 39.

Die in der Zelle enthaltenen Stoffe werden nicht allein zur Ausbildung der Zelle selbst oder zur Bildung neuer Zellen (§. 13.) verwendet, sondern erscheinen auch unter mannigfachen Aggregatzuständen und Formen als Zelleninhalt. Bei den organischen Stoffen geht das Flüssige ganz allmälig in das relativ Feste (nicht eigentlich Starre) über; bei den stickstofffreien Substanzen Gummi, Dextrin, Gallerte, Amyloid, Stärke u. s. w. durch allmäliges Entziehen des Lösungsmittels (Wasser) und ähnlich bei den stickstoffhaltigen Substanzen, dem Schleim. — Manche dieser Stoffe zeigen dabei auffallende bestimmt hervorzuhebende

Gestalten. Ausser den Krystallen unorganischer Salze finden wir in der Zelle Stärke-, Inulin- und Schleimkörnchen, grössere Gummi- und Harzballen, Oeltropfen u. s. w. — Am auffallendsten bleibt aber eine eigenthümliche Form des Schleimes, welcher in bestimmten Zellen der Antheridien bei Characeen, Moosen, Lebermoosen und Farnkräutern als ein Spiralfaden mit 1—2½ Windungen erscheint.

Unendlich verschiedenartig erscheint der Inhalt der einzelnen Zellen von einem Gemenge vieler sehr verschiedener, flüssiger und fester Stoffe bis zur Erfüllung der Zelle durch fast einen einzigen flüssigen oder festen Körper. Aetherisches Oel füllt häufig eine einzelne Zelle ganz aus, ebenso Harz, oder der noch nicht chemisch bestimmte Stoff, welcher roth, bräunlich, oder farblos eine feste, die Zelle ganz ausfüllende Masse bei vielen Algen bildet (*Kützing's* hologonimische Zellen). In den grünen lebhaft vegetirenden Zellen finden wir gewöhnlich folgendes. Die innere Fläche ist mit einer continuirlichen sehr zarten Schicht halbflüssigen Schleimes ausgekleidet (*Kützing's* Amylidzelle, *Mohl's* Primordialschlauch). An dieser Schicht kleben festere Schleimkörnchen und Stärkekörnchen; Chlorophyll gewöhnlich halbflüssig überzieht diese Körnchen oder hängt jenem Schleim an, zuweilen wie bei den *Spiragira*-arten in spiraligen am Rande gezackten Bändern*). Auf Stärke kann das Chlorophyll nur abgelagert seyn oder es kann sich wohl im Chlorophyll aber niemals aus demselben Stärke bilden. Dem widerspricht durchaus die Chemie (§. 12, 1.). Den übrigen Raum füllt eine gewöhnlich dünne, ziemlich helle Flüssigkeit, ein Gemisch von Dextrin, Zucker und Eiweisslösung im verschiedensten Mengenverhältniss aus. Darin finden sich noch oft feinere halbflüssige Schleimkörnchen, Inulin, ganz feine Oeltröpfchen, und Chlorophyll in verschiedener Vertheilung: selten dagegen in ganz lebendigen Zellen anorganische Krystalle (wie zuweilen bei *Spirogyra*). Von diesen Stoffen fehlt aber bald dieser, bald jener, oder ist in grösserer oder geringerer Menge vorhanden. Krystalle besonders grössere Mengen kommen gewöhnlich nur neben einer wasserhellen Flüssigkeit mit wenigen organischen Stoffen z. B. Dextrin zusammen vor. Oele und Harze oft ganz allein. Ueber die Gestalten aller dieser Stoffe ist schon früher (§. 7, 9, 10) das Nöthige gesagt. Hier will ich nur noch zwei sehr auffallende Verhältnisse erwähnen.

a. Wenn man die Wurzelfasern von (blühendem) *Neottidium nidus avis* untersucht, findet man zunächst unter der Oberhaut gewöhnlich drei Lagen von Zellen; die erste aus Zellen etwa 3 Mal so lang wie die Oberhautzellen und eben so breit wie diese, die zweite und dritte aus eben so

*) *Kützing's* Angabe dass sich die Amylidzelle zu jenen spiraligen Bändern mit zerrissenen Bändern zusammenziehe (*Phycologia generalis* S. 49.) beruht auf ungenauer Beobachtung. Der zarte Schleimüberzug ist neben den spiraligen Bändern vollständig vorhanden.

langen Zellen, die aber so breit als lang sind, bestehend. Nach innen folgen dann sogleich eben so breite aber 3—4 Mal so lange Zellen, welche Stärke enthalten. Jede Zelle der äussersten jener drei Lagen enthält eine längliche unregelmässige Masse eines halb festen gelblichen Stoffes (coagulirten Schleim?) die Zelle fast ganz ausfüllend. Jede Zelle der innern Lage ebenfalls, doch mischen sich darein einzelne Fasern; die Zellen der mittleren Lage endlich enthalten einen sie fast ganz ausfüllenden Ballen einer etwas mehr bräunlichen Masse, die aus wenig formloser Substanz, dagegen fast ganz aus in einander gewundnen Fasern besteht, die denen in der innern Zellenschicht vorkommenden sehr ähnlich sind. Diese Fasern, die man auf den ersten Blick geneigt seyn könnte für Spiralfasern anzusehen, zeigen bei genauerer Untersuchung sich einmal ganz unordentlich durcheinander geschlungen und zweitens sind sie nicht solide, sondern derbwandige Röhren mit ziemlich weitem Lumen. Oft sind sie unregelmässig angeschwollen, zeigen kürzere blindgeendigte Seitenäste, oft sind sie langverästelt, ihre Enden sind gewöhnlich etwas breiter und besonders in der Nähe derselben bemerkt man in völlig regellosen Zwischenräumen Scheidewände aus einem hellgelblichen (schleimigen?) Stoffe bestehend, so dass sie einigen Conferven nicht ganz unähnlich scheinen. Ueber die Bedeutung dieser eigenthümlichen Bildungen weiss ich gar nichts zu sagen. Als einzige eben so isolirt und räthselhaft dastehende Analogie kann man das von *Gottsche* in *Preissia commutata* entdeckte Gefässsystem anführen. Hier werden die einzelnen Zellen von ähnlichen Röhren durchsetzt, die wie es scheint selbst die Zellenwände durchbohren. In beiden Fällen kann nur Entwicklungsgeschichte Aufklärung hoffen lassen.

b. In den Antheridien der Characeen, Laub- und Lebermoose sowie der Farnkräuter bildet sich, wie es scheint, in den ganz zarten Zellen der Schleimüberzug zu einem Spiralfaden um, dessen Bildungsgeschichte noch keineswegs ganz aufgeklärt ist. Insbesondere bedarf sein Verhältniss zu dem zarten Schleimüberzug der Zelle noch einer genaueren Untersuchung und es möchte auch vielleicht noch die Frage zu entscheiden seyn, ob die Zellen, in welchen sich diese Spiralfäden entwickeln, wirkliche vollständige Zellen oder nur Kernzellen, d. h. hohl gewordene Cytoblasten sind. Die besten neueren Untersuchungen darüber sind von *Nägeli* *).

V. *Bewegung des Inhalts der Pflanzenzelle.*

§. 40.

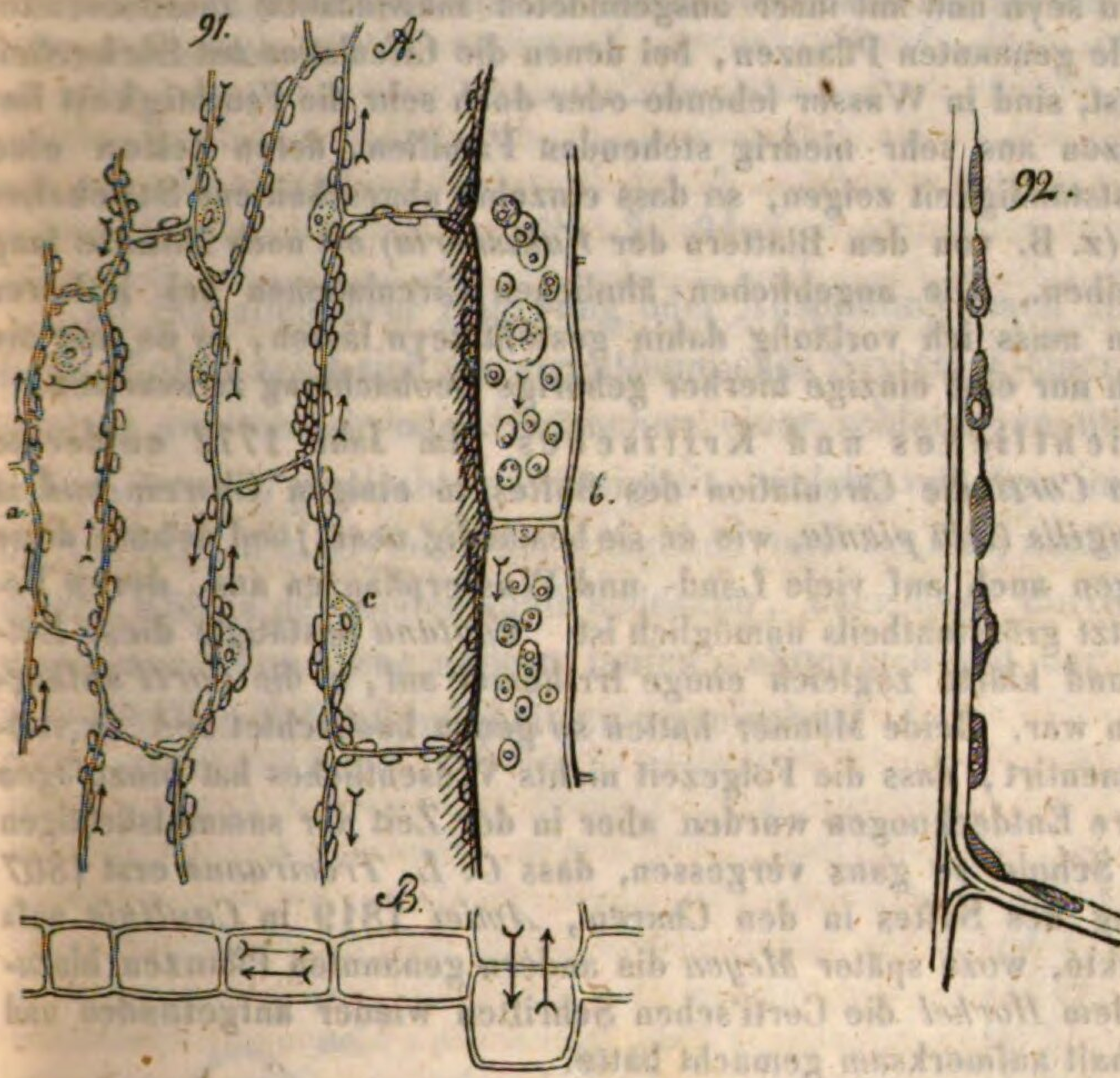
Wir finden in der Pflanzenzelle eine doppelte Form der Bewegung ihres flüssigen Inhalts, über deren Ursachen wir noch gänzlich im Dunkel sind. In den meisten Pflanzen aus den Familien der

*) *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Bd. I. Heft. 1. S. 168 ff.

Characeen, Najaden und Hydrocharideen ist in jeder Zelle ein einfacher an der einen Seite aufsteigender, an der andern Seite absteigender Strom einer durch Farbe, Consistenz (Schleimigkeit) und Unlöslichkeit in wässerigen Flüssigkeiten von dem übrigen wasserhellen Zellensaft verschiedenen Flüssigkeit zu beobachten, die in einigen besonders dadurch sichtbar wird, dass er die im Safte enthaltenen Kügelchen (Stärkemehl, Chlorophyll, Schleim u. s. w.) mit fortführt, meistens aber auch für sich deutlich genug erkannt wird.

Am besten ist die Bewegung in den *Nitella*-arten, in den Wurzelhaaren von *Hydrocharis morsus ranae* und in *Vallisneria spiralis* zu beobachten. Alle drei haben ihre Eigenthümlichkeiten.

Bei *Nitella* ist der strömenden Flüssigkeit sehr viel, so dass nur ein schmaler Streif in der Zelle zwischen auf- und absteigendem Strom in relativer Ruhe bleibt. Der Strom ist stark und rasch und reisst bedeutend grosse Stärkekörnchen mit fort. Er ist nicht vollkommen der Axe der Zelle parallel, sondern schneidet sie in einem kleinen Winkel. Wo zwei Zellen zusammengrenzen, haben die an der Scheidewand verlaufenden Ströme eine entgegengesetzte Richtung, daher liegen in der ganzen Pflanze die aufsteigenden Ströme an einer Seite und zwar bilden sie wegen ihrer schrägen Richtung eine Spirale; ebenso die absteigenden. In der frühesten Jugend sind die Zellen völlig durchsichtig, später wird dies gestört dadurch, dass sich eine Menge mit Chlorophyll überzogene Körnchen an der Wand, grade da wo die Ströme sind, in engen parallelen Reihen anordnen und nur an beiden Seiten den kleinen Raum zwischen den Strömen freilassen. Unterbindet man vorsichtig die Zelle, so stellt sich in Kurzem der Strom in jedem unterbundenen Stücke wieder her. Schneidet man die Zelle durch, so fliesst die circulirende Flüssigkeit nur an einer Seite in dem der Oeffnung zugerichteten Strom aus, die andere Flüssigkeit vollendet erst ihren ganzen Lauf durch die Zelle, bis sie ebenfalls zum Ausfluss kommt. Was dem Leben der Pflanze schädlich ist, schadet auch der Saftbewegung, was jenes erhöht, befördert auch diese. Ganz gleich verhält sich die Sache bei *Chara*, nur ist hier die Beobachtung nicht so leicht. Bei keiner Pflanze, die sonst noch Circulation zeigt, findet sich das Zusammentreten der Stromrichtungen zu einer aufsteigenden und einer absteigenden Spirale. Bei *Hydrocharis* ist wegen der völligen Durchsichtigkeit der von Natur isolirten Haarzellen der Wurzel die Beobachtung ausnehmend leicht. Bei *Vallisneria* (91, 92) muss man freilich immer erst das Blatt der Fläche nach spalten, um es zur bequemen Beobachtung durchsichtig genug zu machen, aber dies thut der Bewegung keinen Eintrag, denn in wenig Minuten zeigt sie wieder ihre vorige Lebendigkeit. Hier ist die circulirende schleimige Flüssigkeit sehr gering und bildet nur einen ganz dünnen Ueberzug an zwei gegenüberstehenden Wänden, hat aber Gewalt genug, die ziemlich grossen meist flach linsenförmigen mit Chlorophyll überzogenen Körnchen mit fortzuführen. Bei *Najas ma-*



jor und *Caulinia fragilis*, im Fruchtstiel der Jungermannien (nach *Meyen*) sind die Bewegungen ganz ähnlich. Am schwierigsten ist die Beobachtung bei *Stratiotes aloides*, und bei oft wiederholten Untersuchungen an allen *Potamogeton*-arten ist es mir nur zweimal gelungen, wirklich die Bewegung zu sehen; leider habe ich vergessen, die Arten zu bemerken.

Bei der allersorgfältigsten Untersuchung mit den besten Instrumenten ist es mir nicht gelungen, eine Spur von schwingenden Wimpern als Ursache der Bewegung aufzufinden, auch ist es sehr unwahrscheinlich, dass solche existiren. Wo dieselben bei Thieren und Pflanzen aufgefunden sind, erscheinen sie als Fortsätze der Zelle nach Aussen, nirgends zeigt sich eine Spur derselben im Innern der Zellen. Diese ganze Art der Circulation scheint überhaupt ein durchaus der vegetabilischen Zelle eigenthümliches

91. *A*. Schnitt parallel der Fläche aus dem Blatte von *Vallisneria spiralis*. In den Zellen von *a* bis *e* sieht man den Saftstrom, dessen beobachtete Richtung in jeder Zelle durch den Pfeil bezeichnet ist, von der Seite. In den Zellen bei *b*, die den durch den Schnitt geöffneten Luftcanal von der Seite begrenzten, sieht man nur die vordere Hälfte des Stromes in seiner ganzen Breite. Der sehr gelatinöse Cytoblast circulirt im Strome mit. *B*. zeigt zur Erläuterung denselben Schnitt im Grundriss.

92. Ein Theil aus dem Schnitt Fig. 91 stärker vergrössert. Die Dicke des Stromes übertrifft noch die Dicke der doppelten Zellenwand; die länglichen schroffirten Körperchen sind die vom Strome fortgeführten linsenförmigen Chlorophyllkörnchen, zugleich ist ihre verschiedene Gestalt und ihre verschiedene Lage in der circulirenden Flüssigkeit ausgedrückt.

Phänomen zu seyn und mit ihrer ausgebildeten Individualität zusammenzuhängen. Alle genannten Pflanzen, bei denen die Circulation mit Sicherheit beobachtet ist, sind in Wasser lebende oder doch sehr die Feuchtigkeit liebende Pflanzen aus sehr niedrig stehenden Familien, deren Zellen eine grosse Selbstständigkeit zeigen, so dass einzelne abgeschnittene Stückchen der Pflanze (z. B. von den Blättern der *Vallisneria*) oft noch Monate lang lebendig bleiben. Die angeblichen ähnlichen Circulationen bei höheren Landpflanzen muss ich vorläufig dahin gestellt seyn lassen, da es mir nie gelang, auch nur eine einzige hierher gehörige Beobachtung zu machen.

Geschichtliches und Kritisches Im Jahr 1772 entdeckte *Bonaventura Corti* die Circulation des Saftes in einigen Charen und in *Caulinia fragilis* (*mia pianta*, wie er sie beständig nennt) und dehnte diese Beobachtungen auch auf viele Land- und Wasserpflanzen aus, deren Bestimmung jetzt grösstentheils unmöglich ist. *Fontana* bestätigte diese Entdeckungen und klärte zugleich einige Irrthümer auf, in die *Corti* anfänglich verfallen war. Beide Männer hatten so genau beobachtet und so vielfach experimentirt, dass die Folgezeit nichts Wesentliches hat hinzufügen können. Ihre Entdeckungen wurden aber in der Zeit der sammelsüchtigen Linné'schen Schule so ganz vergessen, dass *C. L. Treviranus* erst 1807 die Bewegung des Saftes in den Charen, *Amici* 1819 in *Caulinia* aufs Neue entdeckte, wozu später *Meyen* die andern genannten Pflanzen hinzufügte, nachdem *Horkel* die Corti'schen Schriften wieder aufgefunden und auf ihren Inhalt aufmerksam gemacht hatte.

Den angeblichen Corti'schen Beobachtungen über Landpflanzen ist, wie gesagt, nicht nachzukommen. *Meyen**) sprach früher viel davon, dass er sie alle bestätigt, ohne sich eben sehr aufs Detail einzulassen, wobei ich nämlich bemerke, dass er die im folgenden Paragraphen beschriebene Bewegung damals, als er seine Phytotomie schrieb, noch nicht kannte, oder doch nicht unterschied. In seinem neuesten Werk**) übergeht er sie mit einem, wie es scheint, klugen Stillschweigen. In seiner Preisschrift giebt *Meyen* an, dass er die Bewegung auch an *Pistia Stratiotes* beobachtet hat. Vielfach hat *Meyen* und Andere die hier beschriebene Circulation mit der folgenden verwechselt.

Corti's schon von *Fontana* widerlegte Ansicht, dass eine Scheidewand in der Zelle den auf- und absteigenden Strom schiede, ist später oft wiederholt, aber leicht als falsch zu erkennen. Die von *Amici*, *Dutrochet* und Andern vorgetragene Phantasie von einer galvanischen Bewirkung der Bewegung, wobei die Reihen der Chlorophyllkügelchen in den Charen die Kette darstellen sollten, ist eine unwissenschaftliche Spielerei mit hinkenden Vergleichungen. Sie widerlegt sich einfach dadurch, dass an der kei-

*) *Meyen* Phytotomie S. 182. Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie. Harlemer Preisschrift 1836, S. 165 und an andern Orten.

**) Physiologie Bd. 2, S. 206 ff.

menden Chara die Circulation früher vorhanden ist, als die Kügelchen und ihre Anordnung.

§. 41.

In fast allen ihrer Lagerung oder Ausbildung nach sehr selbstständigen Zellen zeigt sich ein eigenthümliches System kleiner vielfach verästelter anastomosirender Strömchen einer schleimigen mit kleinen dunkeln Körnchen gemischten Flüssigkeit, welche von dem immer gleichzeitig vorhandenen Cytoblasten ausgehen und zu ihm zurückkehren, die innere Fläche der Zellenwand bedecken, oder quer durch die Höhlung von einer Wand zur andern laufen, ohne sich mit der übrigen meist wasserhellen Zellenflüssigkeit zu vermischen.



Bis jetzt fand ich diese eigenthümliche Form der Circulation bei vielen Kryptogamen, z. B. *Achlya prolifera*, *Spirogyra* und andern Hyphomyceten und Conferven, bei fast allen Haargebilden der Phanerogamen*), die ich bis jetzt untersucht habe, z. B. *Solanum tuberosum*, bei vielen Sporen, z. B. *Equisetum arvense*, und Pollenkörnern, z. B.

*) Man vergl. die Kupfertafel Fig. 13.

89. Längsschnitt durch den Staubweg einer *Campanula* senkrecht auf die Fläche mit zwei Haaren. Das eine *a* in voller Ausbildung zeigt im Innern circulirende Flüssigkeit; die Spitze ist eingehüllt in eine Scheide von abgesonderter Gallerte. Das andere (*b*) hat seinen Inhalt verloren und ist in Folge dessen eingestülpt.

Oenothera grandiflora im jüngeren Zustande, bei fast allen jüngeren Endospermzellen, z. B. *Nuphar luteum*, besonders solchen, die später wieder resorbirt werden, z. B. *Ceratophyllum demersum*, in fast allen Stigmapapillen, z. B. bei *Tulipa Gesneriana*, in den lockeren Zellen saftiger Früchte im jüngeren Zustande, z. B. bei *Prunus domestica*, in der aus den Saamensträngen entstandenen *Pulpa* *), z. B. bei *Mamillaria*, seltener in dem lockeren, saftigen Parenchym mancher Pflanzen im jüngeren Zustande, z. B. *Tradescantia rosea*. Ich vermuthe sie aber in allen Pflanzenzellen, so lange der Cytoblast noch lebensthätig ist. Im Ganzen habe ich bis jetzt mehrere hundert Beispiele aus den verschiedensten Familien beisammen.

93.



Als leicht zu controlirendes Beispiel wähle ich hier die überall zu bekommenden Früchte der *Symphoricarpos racemosa* (Schneebeere, 93) oder einer *Mamillaria*. Jede Zelle ist hier ganz isolirt, mit einem farblosen, klaren Saft erfüllt. An einer Stelle der Wand klebt ein scharf umschriebener schwach granulöser, mit einem scharf gezeichneten Kernkörperchen versehener Cytoblast. Der Cytoblast ist stets mit einem kleinen Hof der gelblichen, schleimigen, dicht mit kleinen dunklen Körnchen erfüllten Flüssigkeit umgeben, von ihm aus gehen Strömchen von verschiedener Breite und verschiedener Tiefe; am Rande, also von der Seite betrachtet, sieht man sie oft in deutlichen kleinen Wellen fortrücken; in einigen Strömchen ist die Richtung vom Cytoblasten abwärts, in andern zu ihm hin. In ihrem Verlaufe verästeln sich die Strömchen vielfach und anastomosiren unter einander; hier nur selten, bei andern Pflanzen häufiger, laufen einzelne Strömchen quer durch das Lumen der Zelle, um sich auf der andern Seite mit einem andern Strome zu verbinden. Manche Strömchen sind so fein, dass sie unter den stärksten Vergrösserungen wie eine Linie ohne alle Breite, nur durch die einzelnen Körnchen etwas knotig erscheinen. Zuweilen bricht ein Strömchen plötzlich ab, indem das vordere Stück abläuft, dann bildet sich am Ende des noch vorhandenen Stückes ein kleines Tröpfchen der Flüssigkeit, aus dem nach einiger Zeit der Strom in der alten oder einer neuen Richtung sich fortsetzt oder auch zwei oder mehrere Strömchen in neuer Richtung hervorgehen. Hiervon zeigen alle übrigen Zellen nur unwesentliche Abweichungen, von denen die interessanteste noch die bei *Ceratophyllum* **) ist. Momente, welche beim zukünftigen Versuch

*) Man vergl. die Kupfertafel Fig. 7.

**) Siehe meine Beiträge zur Kenntniss der Ceratophylleen in der *Linnaea* Bd. II. (1837) S. 527 ff. Botanische Beiträge Bd. I. S. 213 ff.

93. Eine einzelne freie Zelle aus der Beere von *Symphoricarpos racemosa*, mit Cytoblasten und netzförmig verästelten Strömchen, deren beobachtete Richtung durch die Pfeile ganz genau angegeben ist.

einer Erklärung der in beiden Paragraphen beschriebenen Bewegungen zu berücksichtigen seyn werden und vielleicht zu einer Erklärung leiten können, sind: die Endosmose und Exosmose, die nothwendig eine Bewegung des Zelleninhalts irgendwie bedingen müssen; dann die beständig umbildend wirkende Natur des Cytoblasten, ferner die eigenthümliche Natur der circulirenden Flüssigkeit, ihre Unmischbarkeit mit dem wässerigen Zellensaft und ihre grössere Adhäsion an die Zellenwände, sowie ihre grössere Cohäsion in sich. Bis jetzt sind wir freilich noch nicht im Stande, aus diesen Elementen etwas Brauchbares zu construiren.

Soweit sich mit Sicherheit darüber urtheilen lässt, erscheint die circulirende Flüssigkeit stets als Schleim (Eiweiss?). — Wenn man Zellen, welche die hier oder im vorigen §. erwähnte Circulation zeigen, mit Alkohol oder Salpetersäure befeuchtet, so zieht sich der Schleim, indem er coagulirt, zusammen und man bemerkt, dass er in einer dünnen Schicht die ganze Wandfläche überzog und dass die Strömchen nur dickere Streifen Schleimes sind. Aehnliches findet in jeder Zelle statt, die noch jung ist. Sowohl in diesen als in den Circulation zeigenden Zellen coagulirt häufig der Zelleninhalt von selbst in Folge der chemischen Vorgänge in der Zelle und zieht sich dann freiwillig von der Wand zurück. Bei verholzenden Zellen verschwindet allmälig der Schleim. Auch durch Iod lässt sich an allen jungen Zellen der Schleimüberzug nachweisen. Sollte derselbe nicht immer Bewegung zeigen? Welchem Pflanzenanatomen könnten die zahllosen Fälle entgangen seyn, wo in Zellen vom Cytoblast aus Schleimfäden sich strahlig ausbreiten? So oft ich diese Zellen in frühern Zuständen untersuchte, ist es mir n i e misslungen bei der gehörigen Ausdauer die Circulation in diesen Schleimfäden oder vielmehr Schleimströmchen aufzufinden. Häufig ist jener Schleimüberzug so wenig granulös, dass eine Bewegung in ihm gar nicht zu beobachten wäre. Sollte nicht jene Bewegung ein ganz allgemeines Phänomen seyn und mit der Assimilation der stickstoffhaltigen Substanzen aufs Innigste zusammenhängen?

G e s c h i c h t l i c h e s und K r i t i s c h e s. Entdeckt wurde diese Form der Saftbewegung 1831 von *Rob. Brown* an den Staubfadenhaaren von *Tradescantia virginica* *). *Slack*, *Meyen* und ich vermehrten insbesondere die Zahl der Beispiele. *Meyen* meint, in den Zellen der Haare von *Tradescantia virginica* sey ausser jenen Saftströmen nur Luft enthalten, was aber durchaus falsch ist; dass er *Rob. Brown* eine ähnliche Behauptung unterschiebt **), geht nur aus einer falschen Uebersetzung des Englischen hervor, *Rob. Brown* spricht nur von der den Haaren adhärirenden Luft. *Slack* †) meinte, dass in den Haarzellen bei *Tradescantia virginica* noch ein Schlauch enthalten sey und dass die Strömchen zwischen seiner Wand

*) *On the sexual Org. etc.* in *Orchid. and Asclep. p.* 712.

**) Physiologie Bd. 2, S. 244 ff.

†) *Transactions of the society of arts etc. Vol.* 49 (1833).

und der der Zelle sich befänden. Genaue Untersuchung zeigt leicht die Falschheit dieser blossen Fiction. Nur höchst oberflächliche Beobachtung oder höchst mangelhafte Mikroskope können es erklären, wenn *Schultz* *) diese Strömchen auf die Aussenwand der Zelle in ein eignes Gefässsystem (seine *Vasa laticis contracta*) versetzt. Eine einzige aufmerksame Beobachtung widerlegt ihn hinlänglich, sowie auch die angeführten Phänomene sogleich die Unmöglichkeit eines solchen Gefässsystems beweisen. *Meyen* schreibt die Bewegung nicht der Flüssigkeit, sondern den von derselben fortgerissenen Körnchen als Selbstthätigkeit zu. Mir scheint das eine ganz grundlose Fiction zu seyn, die bei *Meyen* **) daraus hervorgegangen ist, dass er in einigen Fällen die Flüssigkeit übersah.

Den ganzen Streit über die Existenz dieser wie der vorigen Bewegung übergehe ich als gänzlich antiquirt; wer heutigen Tages noch daran zweifelt, ist zu allen physiologischen Beobachtungen völlig unfähig.

§. 42.

Die im §. 39. am Ende erwähnten Spiralfäden in den Antheridien der Characeen, Laub-, Lebermoose und Farnkräuter zeigen wenigstens in Berührung mit Wasser eine eigenthümliche Bewegung, der hauptsächlich eine Drehung um die Axe der Spirale zum Grunde liegt und welche sich bei den freien Fäden zunächst (nach dem Gesetz der archimedischen Schnecke) in eine fortschreitende verwandelt, sich aber noch mannigfach nach der verschiedenen Weite und dem verschiedenen Durchmesser der Windungen modificirt.

Die im Paragraphen erwähnte Bewegung ist bis jetzt noch eine der auffallendsten und räthselhaftesten Erscheinungen in der Pflanzenwelt neben dem Auftreten der beweglichen Wimpern. Bei solchen Phänomenen ist nur gar zu leicht ungezügelte Phantasie bei der Hand, die Lücken unserer Kenntniss, uneingedenk des paulinischen Kathartikons: „All unser Wissen ist Stückwerk,“ durch sogenannte geistreiche Ansichten auszufüllen. Es ist deshalb auch früher hierüber viel zusammengefabelt worden. Man kann daher nicht vorsichtig genug seyn, wenn man s c h e i n b a r e Analogien andeutet, dagegen sich zu wahren, dass Niemand dieselben für wissenschaftlich begründete Ansichten annehme und darauf weiter baue. Ich ziehe es für mich immer vor auf diese Spiele der geschäftigen Phantasie soviel wie möglich zu verzichten, lieber meine Unwissenheit zu gestehen und ihre

*) Flora 1834, S. 120 und seine pariser Preisschrift über die Cyclose.

**) Physiologie Bd. 2, S. 229 und sonst an vielen Stellen.

Unvermeidlichkeit aus der Sache selbst nachzuweisen. Es fehlt bis jetzt an nicht mehr als an Allem um über die fragliche Erscheinung irgend eine Ansicht zu haben. Zunächst kennen wir noch nicht einmal die morphologische Bedeutung der Organe, in welchen sich die zarten Zellen mit Spiralfäden entwickeln, über die Entwickelung der Zellen wissen wir noch viel zu wenig, ebenso wenig oder noch weniger über die Bildung der Spiralfäden, die chemische Natur der Spiralfäden können wir nur noch sehr unvollständig wahrscheinlich machen. Vom Mechanismus der Bewegung selbst wissen wir grade so wenig als von dem der sich bewegenden Wimpern, von der Ursache der Bewegung, von der bewegenden Kraft grade so viel wie von der Zusammenziehung der Primitivfaser des Muskels, von der Bewegung des thierischen Saamenfadens, so wie der schwingenden Wimpern an thierischen und pflanzlichen Zellen, d. h. absolut gar nichts. Eine Vergleichung dieser Bewegung mit der der Himmelskörper ist aber eine gänzlich verfehlte, denn der Anfang der Bewegung fällt bei den genannten organischen Gebilden in die Zeit, bei den Himmelskörpern aber nicht, deshalb geht uns bei letztern die Frage nach dem ersten Anstoss (der Tangentialkraft) gar nichts an, wohl aber bei den organischen Gebilden. Alle diese Bewegungen fallen ganz in dieselbe Kategorie wie die im folgenden Paragraphen zu erwähnenden. Unwissenheit und Geistesträgheit nennt sie ein „Urphänomen". Besonnene und gediegene Naturforschung erkennt ihre temporäre Beschränktheit in dieser Beziehung, sowie die bestimmte Aufgabe an fernere Thätigkeit.

§. 43.

Wenn in einer Pflanzenzelle eine Menge sehr kleiner Körperchen, gleichviel ob organischer oder unorganischer Natur, z. B. kleine Stärkemehlkörnchen, kleine Krystalle u. s. w., in einer nicht zu dichten Flüssigkeit vorkommen, so zeigen diese gewöhnlich eine zitternde Bewegung (Molecularbewegung genannt), deren Ursache uns noch unbekannt, aber auf jeden Fall keine mit dem Leben der Zelle nothwendig und ausschliesslich verbundene ist.

Man hatte zwar schon früher einige hierher gehörige Beobachtungen gemacht, aber entweder gar nicht beachtet, oder doch nicht verfolgt. Erst *Rob. Brown* *) im Jahr 1827 fasste diese Erscheinung im Zusammenhang auf und vollendete auch sogleich die Untersuchung so vollständig, dass fast nichts hinzuzufügen blieb und Meyen'sche Befangenheit in vorgefassten Ansichten dazu gehörte, um hier noch von einem vitalen Phänomen zu sprechen **).

Alle hinlänglich kleinen Körper, gleichviel ob organisch oder unorga-

*) Vermischte Schriften herausg. von *Nees v. Esenbeck.* Bd. 4, S. 143 ff.

**) Ebendaselbst Bd. 4, S. 367.

nisch, zeigen in einer nicht zu dicken Flüssigkeit suspendirt eine eigenthümliche oscillirende Bewegung ohne bedeutende Ortsveränderung. Bei fast allen Pflanzen findet man Beispiele davon in den Schleimkörnchen, Stärkemehlkörnern, Krystallen u. s. w., gleichviel ob sie noch in der Zelle eingeschlossen oder schon frei gemacht sind, wenn nur die Flüssigkeit sie suspendirt erhalten kann, so dass sie nicht zu Boden sinken. Eine solche Flüssigkeit ist vorzugsweise der Milchsaft und der Inhalt der Pollenkörner, deshalb beobachtet man hier auch am öftersten und leichtesten diese Bewegungen. Zufällig wurden diese Bewegungen grade in den letzten Theilen zuerst bekannt, weil man dieselben öfter und genauer untersuchte, als gewöhnliche Zellen, und sogleich war auch die Phantasie geschäftig, daraus allerlei wunderliche Systeme aufzubauen. Diese Bewegungen sind besonders Schuld, dass wir von speculativen Köpfen mit vegetabilischen Saamenthierchen beschenkt sind. Zu hoffen ist aber, dass wir bald wieder davon erlöst werden, wenn so treue und nüchterne Beobachter wie *Fritsche* *) und *Nägeli* **) für die Pflanzen, und *Kölliker* ***) für die Thiere den Saamenthieren so gründlich den Krieg erklären. Dass die angeblichen Formenveränderungen der kleinen länglichen, halbmondförmigen Stärkekörnchen bei den Onagrarien auf Täuschung beruhen, ist bei aufmerksamer und vorurtheilsfreier Beobachtung leicht zu erkennen. Von einer vitalen Erscheinung kann schon deshalb nicht die Rede seyn, weil die Bewegungen auch in weingeistiger Iodtinctur (ein absolutes Gift für alles Pflanzen- und Thierleben) ungestört fortdauern, wovon man sich leicht überzeugen kann und was von *Fritsche* (a. a. O.) mit bekannter Gründlichkeit für eine grosse Anzahl Pflanzen ausgeführt ist. Nur der, welcher in Vorurtheilen befangen überall nach Wunderdingen hascht und besonders, wenn nicht warnend und leitend eine gesunde Naturphilosophie zur Seite steht, kann in dem ganz natürlichen Vorkommen dieses ganz allgemeinen physikalischen Phänomens in dem Inhalte der Pollenzelle etwas Besonderes finden und durch Phantasien die Leere ausfüllen wollen, die ihm von der Natur gelassen scheint.

Ueber den Grund dieser Erscheinung wissen wir durchaus gar nichts; man hat vorläufig kleine elektrische Spannungen und Ausgleichungen in Folge chemischer Processe zur Erklärung vorgeschlagen. Besser ists zu warten und seine Thätigkeit auf etwas Anderes zu werfen, als mit ganz unzeitigen und haltungslosen Fictionen sich und Andern die Zeit zu verderben.

VI. *Bewegungen der Pflanzenzellen.*

§. 44.

Bei den Sporenzellen einiger niedrigen im Wasser wachsenden

*) Ueber den Pollen. St. Petersburg, 1837. Aus den *Mém. de l'acad. Imp. des sc. de St. Petersb.* besonders abgedruckt S. 24 ff.

**) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens bei den Phanerogamen. Zürich 1842.

***) Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Saamenflüssigkeit wirbelloser Thiere u. s. w. Berlin, 1841, S. 49 ff.

Pflanzen zeigt sich eine Zeitlang, nachdem sie die Mutterzelle verlassen, zuweilen schon einige Zeit vor ihrem Austritt eine der Molecularbewegung ähnliche Ortsveränderung, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Bewegungen bedeutender sind und durch schwingende Wimpern hervorgerufen werden.

Wohl nirgends ist aus Mangel an gesunder Naturphilosophie mehr phantasirt worden, als bei dem gedachten Phänomen. Die Sache wurde noch verwickelter dadurch, dass in früheren Zeiten eine Menge von angeblichen Thatsachen durch unvollkommene Beobachtung gradezu gemacht wurden, die wirklich nicht existiren. *Meyen* *), dem wir eine sehr fleissige Zusammenstellung aller hierauf bezüglichen Angaben verdanken, sagt in der Einleitung, er sähe sich genöthigt, die Thatsachen mit Kritik auszusuchen, geht aber nachher so kritiklos wie möglich zu Werke. Zwei Ursachen machen die älteren Beobachtungen von *Ingenhousz*, *Agardh*, *Wrangel*, *Wilke*, *Girod-Chantrans* und Andern völlig unbrauchbar oder doch sehr verdächtig, einmal dass sich die genannten Beobachter nicht genügend der Identität der ruhenden und sich bewegenden Körperchen versicherten, und zweitens, dass sie nach dem damaligen Stande der Wissenschaft und der Natur ihrer Instrumente gar nicht fähig waren, wirkliche Infusorien von den kleinen Sporen der Conferven u. s. w. zu unterscheiden. Man könnte auch noch das hinzufügen, dass bei den Conferven gar Vieles als Sporen angesehen ist, was nur Zelleninhalt war, z. B. Stärke, Chlorophyllkörner u. s. w. und was daher sehr natürlich unter Umständen die Molecularbewegung zeigte.

Als Beweis, wie begründet diese meine Skepsis ist, will ich nur bemerken, dass ein Mann wie *Kützing*, der 13 Jahre mit dem ausdauerndsten Fleisse die Algen beobachtete, doch in seinem ganzen Werke nur d r e i Fälle anzugeben wagt, bei denen er das in Frage stehende Phänomen selbst beobachtete.

Als sichere und brauchbare Thatsachen bleiben nur wenige Beobachtungen stehen, wo beobachtet wurde, dass die Sporenzellen austraten und sich bewegten, dann aber zur Ruhe übergingen und keimten. Letzteres muss insbesondere für die älteren Beobachtungen nothwendig hinzugefordert werden, weil wir auch Erfahrungen über das wirkliche Vorkommen von ächten Infusorien im Innern der Confervenzellen besitzen. Bei einer solchen ernsten Kritik, die uns allein vor Träumereien sicherstellen kann, bleiben mir von den bei *Meyen* (a. a. O.) und später in seiner Physiologie und den Jahresberichten aufgeführten Thatsachen nur sehr wenige stehen, die sich alle auf Sporenzellen beziehen, theils bei Conferven, theils bei Fadenpilzen. Dazu kommen noch einige neuere Beobachtungen von *Unger* **), *Kützing* ***)

*) *Rob. Brown*, Vermischte Schriften. Herausgegeben von *N. v. Esenbeck*, Bd. 4, S, 327 ff.

**) *Unger*, die Pflanze im Momente der Thierwerdung.

***) *Kützing*, *Phycologia generalis*.

und *Thuret**). Mir ist nur erst bei zwei Pflanzen gelungen, eine hierher gehörige Beobachtung zu machen, nämlich an *Achlya prolifera* und *Vaucheria clavata DeC.* Diese Beobachtung genügt aber auch vollkommen, um die Thatsache selbst ausser Zweifel zu stellen. *Achlya prolifera* hat zwei Arten von Sporen, grössere, die sich in kleinerer Anzahl in kugelförmigen Sporangien bilden, und kleinere, die sich in grösserer Anzahl in den unveränderten fadenförmigen Endgliedern entwickeln. Von den Endgliedern trennt sich zur Zeit der Sporenreife ein kleiner Deckel; schon kurz vorher gerathen die Sporen in eine wimmelnde Bewegung, wobei eine wirkliche oft bedeutende Ortsveränderung stattfindet. Diese Bewegung dauert nach dem Austritt eine Zeitlang fort und hört endlich auf, worauf die Sporen oft schon nach wenigen Stunden keimen. Wenn ein solches Endglied geleert ist, wächst gewöhnlich ein neues solches Glied von der nächsten Scheidewand ausgehend in jenes hinein, oftmals das stehenbleibende ältere nicht ganz ausfüllend. Auch in diesem neuen Gliede bilden sich wieder Sporen, die dann bei ihrem Austritt zwei Oeffnungen zu passiren haben und zuweilen lange zwischen beiden Zellenwänden herumschwanken, bis sie zur zweiten Oeffnung herauskommen. Es ereignet sich aber auch, dass sie diesen zweiten Ausweg gar nicht erreichen und innerhalb des älteren Schlauches wenigstens den Anfang zur Keimung machen.

Bei *Achlya prolifera* ist noch keine Beobachtung bekannt geworden, welche im Stande wäre den Mechanismus der Bewegung aufzuklären. Meine eignen Beobachtungen stammen aus einer Zeit, in welcher ich erst anfing Botanik zu treiben. Bei *Vaucheria clavata* habe ich nur ein einziges Mal eine austretende und sich bewegende Spore beobachtet und mir fiel dabei sogleich die sich durch das Vorbeifliegen kleiner Körperchen offenbarende Strömung an beiden Seiten der Spore auf. Ich schloss daraus sogleich auf Wimpern, aber bei dem Versuche die Spore zu fixiren und genauer zu beobachten wurde sie durch einen unglücklichen Zufall zerstört. *Unger* und nach ihm *Thuret* haben genauere Beobachtungen darüber mitgetheilt und nachgewiesen, dass die ganze Zelle äusserlich mit schwingenden Wimpern bedeckt ist. *Thuret* hat Bewegung und schwingende Wimpern als Ursache derselben noch bei *Conferva rivularis* und *glomerata*, bei zwei Arten von *Chaetophora* und zwei Arten *Prolifera* (?) gefunden. *Kützing* sah blos die Bewegung bei *Achlya prolifera*, *Tetraspora gelatinosa* und *Ulothrix zonata*, ohne über ihre Ursache eine Beobachtung zu machen. Mit Ausnahme von *Achlya prolifera*, *Vaucheria clavata* und *Tetraspora gelatinosa* fanden *Kützing* und *Thuret* in den sich bewegenden Sporen einen röthlichen Fleck dem bei grünen Monaden von *Ehrenberg* Augenpunkt genannten ähnlich. *Kützing* sah denselben bei den Sporen nicht nur schon in der Sporenhülle, sondern erkannte ihn auch noch an der ersten oder zweiten Zelle der sich wieder zur Conferve entwickelnden Spore. Alle diese Sporen mit Ausnahme von *Achlya prolifera* sind grün, während *Kützing*

*) *Thuret, les organes locomoteurs.*

als Gesetz aufstellt, dass bei allen niedern Algen (seinen Isocarpeen) die ächten und reifen Sporen braun sind. Fernere genauere und umfassendere Beobachtungen dieses Phänomens sind noch unerlässlich, ehe irgend Schlüsse darauf gebaut werden dürfen. Sind es nicht vielleicht unfertige Sporen, bei denen die Bildung der Zellenmembran durch die zarte Schleimschicht noch nicht ganz vollendet worden ist, die alsobald ihre (Schleim-?) Wimpern verlieren und entwicklungsfähig werden, sobald die Bildung der Zellenmembran ganz vollendet ist?

Die niedern Conferven, Fadenpilze u. s. w. sind von jeher der Tummelplatz mystischer Träumereien gewesen, weil nirgends in der Botanik die Untersuchungen so schwierig zu machen, so schwer zu controliren sind. Hier ist vor allem nöthig, durch eine ächte Naturphilosophie, durch brauchbare leitende Maximen sich gegen alle unwissenschaftlichen Phantasiespiele zu schützen. Namentlich muss man hier, wenn man nicht die ganze Sicherheit der wissenschaftlichen Forschung preisgeben will, alle Beobachtungen von der Hand weisen, die nicht an unzweifelhaften Pflanzen gemacht sind. Ich habe deshalb hier wie überall die Diatomeen, Bacillarien u. s. w., kurz alle jene Gebilde, deren thierische Natur, mit wenigstens beachtenswerthen Gründen von *Ehrenberg* vertheidigt wird, ganz aus dem Spiele gelassen. Wer sich dafür interessirt, findet in den Meisterwerken *Ehrenberg's*, besonders in seinem grossen Infusorienwerke, sowie in den fleissigen Arbeiten *Kützing's* eine ebenso grosse Masse mit ausserordentlichem Fleisse zusammengetragenen historischen Materials, als eine Fülle ausgezeichneter eigner Beobachtungen. Zu einer Grundlage, um botanische Gesetze abzuleiten, dürfen diese Dinge nicht angewendet werden, wie schon oben (S. 68 flg.) ausgeführt.

Nur an phantastischem Mysticismus krankende Wissenschaft, nicht aber eine klare, sich selbst verstehende Naturphilosophie kann zu solchen Träumereien kommen, dass Geschöpfe bald einmal Thier, bald einmal Pflanze seyn können. Wäre das möglich, so müsste doch noch viel leichter ein Wesen bald einmal Fisch, bald einmal Vogel, oder bald Conferve, bald Rose seyn können, und dann wäre alle unsere Naturwissenschaft Thorheit. Diese Verwirrung der Begriffe, mit Recht von *Valentin* (Repert. Bd. 8. S. 4.) mit dem schonendsten Ausdruck als Anachronismus bezeichnet, ist neuerdings wieder von *Unger* (die Pflanze im Moment der Thierwerdung) und *Kützing* (*Phycologia generalis*) weitläufig ausgesponnen. Es kann nur bedauert werden, dass solche tüchtige Forscher so ganz ohne alle philosophische Vorbildung geblieben sind. Das Nöthige ist schon früher (§. 2. 5.) darüber gesagt worden*).

Wenn wir endlich bei Erzählung der hierher gehörigen Thatsachen die Ausdrücke finden, „die Zellen bewegten sich nach Willkür bald da, bald dorthin" u. s. w., so beweist das nur, wie unklar und verwirrt noch so viele

*) Man vergl. auch *C. v. Siebold de finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Erlangen* 1844.

Menschen selbst von grossen Kenntnissen sind. Willkür finden wir nur in unserm Geiste durch Selbstbeobachtung. Bei Thieren leitet uns die Analogie durch die einen bestimmten Zweck erreichenden Handlungen, und doch ist hier schon eine Art Mysticismus dabei, denn nichts sagt uns, dass der Zweck auch wirklich von dem Thiere selbst beabsichtigt war. Es wird doch kein vernünftiger Mensch glauben, dass die Planeten absichtlich grade diesen Weg und grade so schnell und so langsam gehen, damit sie kein Unglück anrichten, und doch wird durch ihre Bewegung bestimmt ein Zweck, nämlich die Erhaltung des Sonnensystems erreicht. Bei solchen Bewegungen aber, wo nicht einmal ein irgend erkennbarer Zweck erreicht wird, von Willkür reden ist Spielerei mit Worten.

VII. *Fortpflanzung der Zelle.*

§. 45.

Wenn sich in einer Zelle eine grosse Menge auflöslicher assimilirter Substanz nebst der nöthigen Menge Schleims gebildet hat, so werden nothwendig die oben (§. 23.) geschilderten Processe aufs neue beginnen. Es bilden sich in der Zelle (Mutterzelle, *matrix*) eine oder mehrere neue Zellen (Brutzellen, *blastidia*), die, wenn sie sich so weit ausgedehnt haben, die Mutterzelle zerstören. Da natürlich eine Gestalt von dem Stoff, aus dem sie gebildet wird, und den Bedingungen ihrer Bildung abhängt, beides aber von der Mutterzelle gegeben wird, so werden folglich in der Regel die Brutzellen der Mutterzelle gleich oder ähnlich.

Wenn irgendwo, so kann man gewiss hier behaupten, dass es von wesentlichem Einfluss sey, bei Behandlung einer Wissenschaft jeden einzelnen Punkt an seinen gehörigen Ort und in sein gehöriges Licht zu setzen, wenn nicht das Verständniss des Ganzen darunter leiden soll. Weil man sich niemals rein und scharf die Aufgabe der Wissenschaft gestellt und sich daraus die zu beantwortenden Fragen abgeleitet hat, so ist der im Paragraphen erwähnte Punkt auch bis auf die allerneueste Zeit ganz unberührt geblieben und auch jetzt erst mit einigen beiläufigen Notizen abgespeist worden, und doch giebt es im ganzen Pflanzenleben nichts Wichtigeres. Mit wenigen Ausnahmen besteht jede Pflanze aus vielen Zellen, der Anfang jeder Pflanze ist aber eine einzelne Zelle, bei den Kryptogamen die Spore, bei den Phanerogamen das Embryobläschen. Die Frage nach der Vermehrung der Zelle umfasst also die Entstehung und das Leben der ganzen Pflanze und sie bleibt uns ganz und gar dunkel, ehe dies Verhältniss nicht aufgeklärt ist. Wie eine Zelle viele bildet und wie dieselben von den Einflüssen der ersten abhängig sich gestalten und anordnen, ist grade die Angel, um die sich die ganze Erkenntniss der Pflanze dreht, und wer sich die Frage nicht

aufwirft oder nicht beantwortet, kann nie und nimmer einen klaren wissenschaftlichen Begriff mit der Pflanze und ihrem Leben verbinden. Bei der gänzlichen Vernachlässigung dieses Punktes ist es kein Wunder, dass sich die meisten Ansichten der Botanik nur in einem trüben, gestaltlosen Mysticismus herumtreiben.

Die Protococcuszelle giebt hier wieder den natürlichen Massstab zur Beurtheilung der einfachsten Verhältnisse an die Hand. Hier können wir beobachten, dass sich in der Zelle zwei neue Zellen bilden, die eine Zeitlang lose in der Mutterzelle liegen und diese endlich zerstören, und dann als neue Organismen frei erscheinen. Gleiches finden wir nach *Nägeli* bei fast allen Algen. Bei den Doppelsporen der Flechten bemerken wir dasselbe. Bei den Pezizen sehen wir in einer Zelle acht neue entstehen. Bei den Farren und Equiseten bilden sich in Mutterzellen die Sporenzellen. Bei den Phanerogamen ist es leicht, die Entstehung von Zellen in Zellen zu beobachten: im Embryosack (einer grossen Zelle), im Embryobläschen, wo man die Entstehung neuer Zellen in den zuerst gebildeten ebenfalls verfolgen kann; bei dem Pollen der meisten Pflanzen leidet es keinen Zweifel, dass sich Zellen frei in andern Zellen bilden, in der Spitze der Knospe, im Cambium gelingt es nicht selten, die neugebildeten Zellen in der Mutterzelle zu sehen, fast alle Haargebilde gestatten die Beobachtung dieses Vorgangs gar gut. Hier sind Beispiele fast aus allen Pflanzengruppen, fast aus allen Pflanzentheilen, und so ist, wie ich glaube, vorläufig durch die Induction der Satz begründet: „Der Process der Fortpflanzung der Zelle durch Bildung neuer Zellen in ihrem Innern ist allgemeines Gesetz für die Pflanzenwelt und ist die Grundlage für die Entstehung des Zellgewebes“. Ueber die Weise, wie neue Zellen entstehen, ist schon oben das Nöthige gesagt (§. 13.).

Von dem Stoff, aus welchem der entstehende Krystall gebildet wird, von den physikalischen Bedingungen, unter welchen er entsteht, hängt seine Gestalt ab. Dies dürfen wir wohl allgemein so aussprechen: die Gestalt ist bedingt durch die Art der Materie und die Form des Bildungsprocesses. Wenden wir dies auf die Zelle an, so wird Stoff und Form des anfänglichen Bildungsprocesses von der Mutterzelle gegeben, sie hat also einen wesentlichen Einfluss auf die Brutzelle. Die Bildung der letzteren vollendet sich aber nicht in der Mutterzelle, sondern dauert auch nach der Befreiung von der Mutterzelle noch fort und daher wird die Gestalt der Brutzellen durch die späteren Einflüsse und Verhältnisse mannigfach modificirt. Hieraus erklärt sich uns einmal die Constanz der specifischen Gestalt und dann die Mannigfaltigkeit der individuellen Verschiedenheiten. Hier bedürfen wir also nur noch der vollständigen Auflösung des Zellenbildungsprocesses in seine einzelnen Elemente und des bei den Krystallen zu gebenden Nachweises, wie sich aus bestimmtem Stoff unter bestimmten physikalischen Bedingungen auch grade diese bestimmte Gestalt bilden müsse, um das grosse Geheimniss der organischen Zeugung, wovon die Constanz der Species und somit die Gesetzmässigkeit des ganzen organischen Lebens an der Erde abhängt, in seinem einfachsten Falle der wissenschaftlichen Einsicht unter-

worfen zu haben, offenbar ein dem Menschen möglicherweise erreichbares Ziel.

Die ersten Grundlagen dieser Lehre gab ich in *Müller's* Archiv, Jahrgang 1838 *). Fortgebildet wurde diese Lehre von *Nägeli* **). *Mirbel* ***) unterscheidet eine dreifache Entstehungsweise der Pflanzenzellen, die er *intrautriculaire* (der von mir geschilderte Process), *suprautriculaire* und *interutriculaire* nennt. Nur die erste Art ist durch wirkliche Beobachtung dargethan, die beiden letztern, wo die Entstehung der Zelle selbst nicht beobachtet wurde, nur Fiction.

§. 46.

Nach *Hugo Mohl* †) kommt bei den Zellen der Kryptogamen (Conferven) noch eine Vermehrungsart der Zellen vor, indem sich eine Kreisfalte der Zelle allmälig in sie hineinzieht und in der Mitte zusammenstossend sich abschnürt, so dass völlige Theilung einer Zelle in zwei neue stattfindet.

Diese Untersuchungen von *Mohl* enthalten die ersten und (ausser den von mir und *Nägeli* gegebenen) einzigen wirklichen Beobachtungen über die Vermehrung der Pflanzenzelle. Mir ist es nie geglückt, eine vollständige Entwickelungsreihe zusammenzubringen, obwohl *Polysperma glomerata*, an der *Mohl* hauptsächlich seine Untersuchung gemacht hat, oft von mir vorgenommen ist. Eben so ist es *Nägeli* gegangen und er hat das Irrthümliche in *Mohl's* Annahme aufgeklärt ††).

Nach *Mohl* hat besonders *Meyen* diesen Process der Selbsttheilung vielfach wiederzufinden geglaubt und fast als allgemeines Gesetz für die Pflanze behandelt. In den meisten Fällen ist die Sache bei ihm nur fingirt, nicht beobachtet. In dem Falle, wo er bestimmte Beobachtungen angiebt †††), bei der Entstehung der vier Pollenzellen in der Matrix, ist die Sache entschieden anders, worüber unten die Lehre vom Pollen zu vergleichen ist.

Unger hat ebenfalls wieder die Vermehrung der Zellen durch Theilung als allgemeines Gesetz für die Pflanzen hingestellt (Bau und Wachsthum des Dicotyledonenstammes, Petersburg 1840. §. 86 ff.), aber eben wie

*) *Schleiden* Botanische Beiträge Bd. 1. S. 121.

**) *Schleiden* und *Nägeli* Zeitschr. f. w. B. Bd. 1. Heft 1.

***) *Sur la Marchantia polymorpha. Paris*, 1831 *et* 32, *p.* 32.

†) Ueber Vermehrung der Pflanzenzelle durch Theilung. Tüb., 1835.

††) A. a. O.

†††) Physiologie Bd. 3, S. 123 ff.

Meyen als blosse Fiction. Er hat auch nicht einen einzigen Fall beigebracht, wo er den Process der Theilung wirklich beobachtet hätte. Dass hier nur Eine und später an derselben Stelle Zwei Zellen vorhanden sind, dass neben einer grossen Zelle zwei andere vorkommen, die zusammen ungefähr denselben Umfang haben wie jene, giebt über den Process der Vermehrung auch nicht die leiseste Andeutung; andere Thatsachen hat er aber durchaus nicht zu Grunde gelegt oder wenigstens nicht mitgetheilt.

Ob die Theilung der Zelle überhaupt bei Pflanzen vorkommt, ist noch auszumachen. Gewiss ist der im vorigen Paragraphen berührte Fall der häufigere.

VIII. *Vom Ende des Zellenlebens.*

§. 47.

Sobald in einer Zelle das Spiel chemischer Wechselwirkungen unmöglich geworden ist, muss man sie für sich todt nennen. Insofern sind alle Zellen als individuell abgestorben zu betrachten, die ihren Inhalt völlig verzehrt haben und nur noch Luft führen, die sogenannten Gefäss-, Mark- und Borkenzellen, oder die ihren Inhalt in einen einzelnen homogenen Stoff ungeändert haben, wie z. B. die Zellen, welche nur ätherisches Oel, nur Harz u. s. w. enthalten. Letztere sind aber verhältnissmässig selten.

Abermals ein Punkt, der gänzlich vernachlässigt, oder doch nur oberflächlich und beiläufig in den Handbüchern berührt wird, aus denen wir meist nicht einmal über den Tod der ganzen Pflanze etwas erfahren. Setzen wir das Leben der Zelle ganz oder doch zum grössten Theil in die chemisch-physikalischen Processe, welche in der Zelle vor sich gehen, so müssen wir auch die Zelle todt nennen, in welcher diese Processe ganz und für immer aufgehört haben. Das ist also namentlich in allen nur Luft führenden Zellen der Fall, welche für sich todt, nur durch die sie umgebenden lebendigen Zellen noch gegen Auflösung geschützt werden, aber augenblicklich der völligen Zerstörung anheimfallen, sowie sie den auflösenden Atmosphärilien blossgestellt werden, z. B. Mark und Kernholz in den hohlwerdenden Bäumen, Kork und Borke zur bestimmten Zeit immer. Aber es giebt auch solche Zellen, die allmälig ihren ganzen Inhalt in einen einzigen Secretionsstoff umwandeln, z. B. in ätherisches Oel, wie es in den Rhizomen der Scitamineen, in Blättern und Stämmen der Aloen u. s. w. vorkommt. Hier ist die Zelle von dem Augenblick an ebenfalls todt zu nennen. Was noch übrig bleibt ist ein chemischer Process, der durch die Zelle weder bedingt, noch modificirt ist, nämlich die

allmälige Oxydation des ätherischen Oels, mit deren Vollendung jede fernere Veränderung aufhört. So zeigt sich die abgeschlossene Individualität des Zellenlebens bis ins Innerste der vollkommensten Pflanzen hinein.

§. 48.

Nur der ganz ausgebildete Zellstoff trotzt allen gewöhnlichen Auflösungsmitteln, alle übrigen Stoffe, aus denen Zellenwände bestehen können, sind noch innerhalb des Bereichs der auflösenden oder umwandelnden chemischen Kräfte, welche in den Zellen thätig sind. Alle nicht vollständig ausgebildeten Zellen können daher wieder verflüssigt und aufgesogen werden. Dies geschieht bei allen Mutterzellen, bei dem schwammförmigen Zellgewebe, welches anfänglich die Luftcanäle ausfüllt, beim Kern der Samenknospe u. s. w.

Gewiss ein Beweis von oberflächlicher Beobachtung ist es, wenn ein Botaniker, wie geschehen, die Resorption organischer Bildungen in den Pflanzen leugnet, die sich schwerlich bei den Thieren so gut beobachten lässt, wie bei den Pflanzen. Die ganze grosse Zahl von Mutterzellen giebt schon das unwiderleglichste Zeugniss. Auf welche Weise aber der Process vor sich geht, ist noch unbekannt. Wahrscheinlich tritt hier eine der Bildung des Zellstoffs entgegengesetzte Umwandlung der assimilirten Stoffe ein, so dass jener erst in Gallerte, diese in Gummi (Dextrin) und endlich in Zucker umgeändert und als solcher aufgesogen wird. Ich will hier darauf aufmerksam machen, dass es mir zuweilen schien, als wenn im Kern der Samenknospe die Cytoblasten wieder schärfer und in jugendlicherem Aussehen hervortreten, wenn sich seine Zellen dem Zeitpunkte der Auflösung näherten. Eine eigenthümliche Umwandlung schon gebildeter Zellen in eine formlose Substanz, das Viscin, ist schon oben berührt (§. 12, 6).

§. 49.

Das Leben der Pflanzenzelle besteht wesentlich nur durch die in derselben vor sich gehenden chemisch-physikalischen Processe, und diese werden sogleich unmöglich, sobald auf irgend eine Weise die Endosmose aufgehoben wird. Die Zelle wird dann allmälig durch die Einwirkung der Atmosphärilien zerstört, sie verwest bei der seltneren, verfault bei der beständigen Mitwirkung von Wasser. Die Ursache dieses Todes kann verschieden seyn, z. B. Zerreissung (bei den Sporangien der Kryptogamen durch Austreten der Sporen), gänzliche Trockenheit, Entfernung

von der Stelle, von woher ausschliesslich die Endosmose unterhalten wurde (z. B. beim Blattfall) u. s. w.

Der Process der Auflösung einer gestorbenen Zelle gehört nicht der Botanik an, wir überlassen seine Erforschung billig der Chemie und verweisen auf die neuesten und besten Arbeiten in dieser Beziehung, auf *Berzelius**), *Liebig***) und *Mulder****). Uns interessiren hier aber die Ursachen, welche die Pflanzenzelle den zersetzenden Einwirkungen preisgeben, und wir können hier allgemein die Unmöglichkeit der Endosmose nennen. Jede Pflanzenzelle, die keine Flüssigkeit mehr aufnehmen kann, um die chemischen Processe in sich zu unterhalten, fällt nothwendig dem Tode anheim. So wirkt völlige Austrocknung, so Zerreissung der Zelle, wodurch die Abgeschlossenheit der in ihr vorhandenen Stoffe und Processe aufgehoben wird. Einen eigenthümlichen Zustand zeigen hier die meisten in Form von Blättern von einer Pflanze sich trennenden Zellen. Zur Zeit der Trennung sind sie offenbar noch nicht todt, denn unter sehr günstigen, obwohl höchst selten sich zusammentreffenden Umständen kann in einer oder der andern Zelle ein frischer Vegetationsprocess selbst in der Weise beginnen, dass eine ganz neue Pflanze daraus hervorgeht. In der Regel sterben sie aber ab, weil ihnen die Möglichkeit genommen ist, fernerhin Flüssigkeiten, die ihnen früher durch den Zusammenhang mit der ganzen Pflanze zugeführt wurden, aufzunehmen.

Zweiter Abschnitt.

Leben der Zelle im Zusammenhang mit andern.

§. 50.

Sobald die Zellen zu Geweben zusammentreten, so zeigen sich auch bestimmte Modificationen in ihrem Lebensprocess und diese sind besonders zu betrachten. Manches musste freilich schon im Früheren berührt werden, weil wir noch nicht so weit sind, ganz scharf das individuelle Zellenleben fassen zu können, und so bei manchen Vorgängen nicht wissen, wie viel oder wie wenig auf die Einwirkung der benachbarten Zellen kommt, Manches auch, was entschieden der Zusammenwirkung mehrerer Zellen angehört, doch zur Erklärung bei der einzelnen Zelle zu Hülfe genommen werden muss. Was hier noch zu behandeln, sind einmal die allgemein im Zellenleben durch ihr Zusammentreten hervorge-

*) Lehrbuch der Chemie, neueste Ausgabe, Bd. 8.
**) Organische Chemie, S. 435 ff.
***) Physiologische Chem. (*Moleschott*) S. 146 ff.

rufenen Modificationen, und dann die speciellen Eigenthümlichkeiten bestimmter Gewebe.

I. *Allgemeine Modificationen des Zellenlebens durch Zusammentreten mehrerer Zellen.*

§. 51.

Sobald eine grössere Menge von Zellen sich zu Zellgewebe vereinigt, wird wenigstens ein Theil von ihnen von der unmittelbaren Berührung mit der ernährenden Flüssigkeit abgeschlossen, für sie findet also nur eine Aufnahme von Nahrung durch Endosmose aus den benachbarten Zellen statt, wo aber die Flüssigkeit immer schon verändert worden ist.

Wenn alle Zellen eines Gewebes eine gleichmässig dichte Flüssigkeit enthalten, so wird bei den mit Wasser unmittelbar in Berührung tretenden Endosmose stattfinden, dadurch wird die in ihnen enthaltene Flüssigkeit verdünnt und es tritt zwischen ihr und der folgenden Zelle ein der Endosmose günstiges Verhältniss der Flüssigkeiten ein und so fort. Dies ist das wichtigste Verhältniss im ganzen Zellenleben, weil daraus die einzige allgemeine, die Ernährung der ganzen Pflanze bedingende Flüssigkeitsbewegung hervorgeht. Gefässe, welche die Nahrungsflüssigkeit im Körper der Pflanze vertheilen, giebt es gar nicht, und nur der wird mit einer gewissen Angst darnach suchen und sie auch irgendwo finden, der in dem grundfalschen und verderblichen Vorurtheil der unglückseligen, angeblichen Analogie (vergl. S. 63 ff., 146 ff.) mit den Thieren befangen an die Untersuchung der Pflanze geht. Hier hat sich allen Botanikern der gesunde Blick so sehr verwirrt, dass sie eher jede mögliche physikalische und logische Verkehrtheit vorgebracht, als sich von jener fixen Idee getrennt hätten *). — Jede lebende Zelle, die durch Endosmose Flüssigkeit enthält, ändert diese aber sogleich, wenigstens zum Theil, chemisch um und zwar in assimilirte Stoffe, so dass die von der Quelle der rohen Nahrungsflüssigkeit entfernten Zellen gar keine rohe Nahrungsflüssigkeit mehr erhalten. In ihnen braucht also auch kein Assimilationsprocess, insoweit derselbe auf Wasserzersetzung und Fixirung der Kohlensäure beruht, stattzufinden, dennoch führen sie ein reges Leben, werden ernährt, bilden neue Zellen u. s. w., wie z. B. namentlich im Holzkör-

*) Vergl. *Knight* in *Treviranus* Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Göttingen, 1811, S. 162 ff. *Sennebier, Physiolog. végét.* Bd. 2. Cap. 4. (S. 332 ff.) und Andere.

per der Dikotyledonen. Hieraus ergiebt sich zur Genüge die Unhaltbarkeit des von *Liebig**) aufgestellten Gesetzes.

§. 52.

Durch die Anordnung einer grösseren Zellenmenge zu einer Pflanze wird häufig ein Theil der Zellen theilweise mit der atmosphärischen Luft in Berührung gebracht. Daraus gehen zwei wichtige Verhältnisse hervor, einmal dass das Wasser aus den Zellen, wenn sie nicht auf besondere Weise dagegen geschützt sind (vergl. unten §. 69.), beständig im Verhältniss zu Wärme, Trockenheit und Bewegung der Luft an der Oberfläche der Zellen verdunstet, wodurch der Saft im Innern beständig vermindert und concentrirt, also die Endosmose gegen die übrigen Zellen verstärkt und unterhalten wird, zweitens dass die Flüssigkeit in den Zellen aus der Luft Gase, namentlich Kohlensäure und Ammoniak und unter Umständen Sauerstoff absorbiren kann.

Die erwähnten Verhältnisse sind ebenfalls im höchsten Grade wichtig für das Leben der ganzen Pflanze. Kohlensäure, Ammoniak und Wasser sind die Hauptnahrungsstoffe der Zelle, sie nimmt sie aber auf verschiedene Weise auf. Die mit Flüssigkeit in Berührung stehenden Zellen nehmen alle drei Substanzen zugleich auf. Hier muss also der lebhafteste Assimilationsprocess stattfinden. Die theilweise mit der Luft in Berührung stehenden Zellen erhalten zwar von der einen Seite alle nöthigen Stoffe in Wasser aufgelöst, sie können aber auch von der andern Seite Kohlensäure und Ammoniak aus der Luft aufnehmen. Zugleich geben sie an die Luft eine grössere oder geringere Menge Wassers ab, dadurch concentriren sie ihre Säfte, wodurch die Endosmose unterhalten wird. Wir können daraus erklären, weshalb nach Ausbrechen der Blätter die Pflanzen aufhören, von so sehr wässerigem Safte zu strotzen, und doch den Assimilationsprocess in grösserer Energie fortführen. Die Endosmose überträgt ferner jede völlige Lösung ohne Unterschied. Die mit dem Wasser aufgenommenen Salze und unorganischen Bestandtheile überhaupt, auf welche die chemisch umwandelnden Kräfte der Zelle wenig oder gar nicht einwirken, wandern daher mit dem Wasser unverändert durch alle Zellen bis dahin, wo an der Oberfläche der Zellen das Wasser verdunstet. Hier müssen sie sich allmälig in grösserer Menge an-

*) „Keine Materie kann als Nahrung der Pflanze angesehen werden, deren Zusammensetzung ihrer eignen gleich oder ähnlich ist, deren Assimilation also erfolgen könnte ohne der Sauerstoffausscheidung zu genügen". *Liebig* org. Chem. S 26. Der Satz wird schon ganz einfach durch die grosse Menge der Pilze und der ächten Parasiten widerlegt.

häufen, daher der grössere Aschengehalt der Blätter, grünen Rinde u. s. w. Wie jedes verdunstende Wasser reisst auch das von der Zelle verdunstende eine geringe Menge nicht flüchtiger Substanzen mit fort, weshalb das von der Pflanze perspirirte Wasser nie ganz rein*), aber mehr mit organischen als mit unorganischen (weniger flüchtigen) Substanzen geschwängert ist.

§. 53.

Durch die Vereinigung vieler Zellen und die daraus hervorgehende gegenseitige Einwirkung werden im Leben der einzelnen Zelle Modificationen hervorgerufen, die zum Theil schon früher betrachtet sind. Hierher gehört vielleicht zum Theil die Bildung neuer discreter Schichten und die damit zusammenhängende spiralige Anordnung des diese Schichten bildenden Stoffes. Dahin gehört ferner die eigenthümliche Ausbildung von Luftbläschen zwischen je zwei benachbarten Zellen, worauf die Bildung der Poren zu beruhen scheint.

Das hierher Gehörige ist schon oben (§. 17.) erörtert worden. Bei keiner isolirten Zelle, bei keiner Zelle, ehe sie sich mit andern zu Geweben vereinigt, finden wir spiralige Verdickungsschichten, bei keiner ferner die Luftbläschen an der Aussenwand, welchen inwendig die Porencanäle entsprechen. Es scheint dass die Porencanäle von zwei benachbarten Zellen stets so correspondiren, dass sie von einem solchen Luftbläschen, oder einer dem entsprechenden Stelle der gemeinschaftlichen Wand beginnen. Hiervon sind mir nur wenige Ausnahmen bekannt, die aber noch genauer Untersuchung bedürfen. Bei *Juniperus sabina* kommen in der Borke dickwandige, vierseitig-prismatische Zellen vor, deren Porencanäle regelmässig nur auf die vier Intercellulargänge zulaufen, welche hier in einem Gewebe, welches sonst keine Intercellulargänge zeigt, jene Luftbläschen zu vertreten scheinen. Aehnliches im Parenchym des Blattstiels bei *Cycas* (vergl. S. 222). In den Epidermiszellen mehrerer Pflanzen z. B. *Cycas Abies* finden sich Porencanäle auch nach der freien Fläche hin, vergl. S. 222.

§. 54.

Bei der Secretion treten ebenfalls eigenthümliche Veränderungen ein, indem festere Secrete bestimmte Formen annehmen. Dahin gehören: die Gallerthülle vieler Algen, die Intercellularsubstanz, der eigenthümliche Stoff, welcher die Sporen und Pollenkörner überzieht, und die von der Epidermis ausgeschiedenen Stoffe.

Die meisten Conferven, mehrere Ulven u. s. w. sondern eine grosse Menge Gallerte ab, welche eine bestimmte Form annimmt und so oft die Gestalt der ganzen Pflanze bestimmt, z. B. bei *Chaetophora*, *Undina*. Bei den

*) Schon *Sennebier, Phys. végét.* Bd. I, S. 79 ff. und viele Andere.

meisten Conferven bildet sie eine die ganze Pflanze überziehende zarte, gleichförmige Membran; bei *Rivularia, Chaetophora, Nostoc etc.* grössere Massen. Stets aber fehlt sie der Spore und bildet sich erst durch die Lebensthätigkeit der sich vermehrenden Zellen*).

Auf ähnliche Weise scheidet sich in die Intercellulargänge eine feste Substanz ab. Auch auf der Epidermis findet eine solche bestimmt geformte Absonderung statt. Von beiden Erscheinungen ist unten §. 59. und 63. ausführlicher zu reden.

Das interessanteste und complicirteste Phänomen bleibt aber die eigenthümliche Bekleidung der Sporen und Pollenkörner. Alle Sporen (mit Ausnahme der Algen, vieler Pilze und einiger Flechten), alle Pollenkörner (mit Ausnahme der unter Wasser blühenden Pflanzen) bestehen aus der eigentlichen, wesentlichen Zelle, die sich als solche bildet, und einem eigenthümlichen, dieselbe überziehenden Stoffe, der einfach gleichförmig, mit Wärzchen, Stacheln, Bändern oder ganz wunderlichen abnormen Bildungen unordentlich oder ganz mit mathematischer Regelmässigkeit besetzt ist. Die Natur dieses Stoffes weicht von allen bekannten assimilirten Pflanzenstoffen dadurch ab, dass er von der concentrirtesten Schwefelsäure nach *Fritsche* gar nicht (?), nach Andern nur sehr allmälig angegriffen, immer aber dunkler, zuweilen purpurroth gefärbt wird. Der Stoff selbst zeigt verschiedene Farben, meist gelb, doch auch blau, roth, grün, braun u. s. w. Es ist dieser Stoff ein reines Absonderungsproduct der Spore, oder Pollenzelle. Mehr davon muss ich unten beim Pollen anführen. Das Beste, was wir davon wissen hinsichtlich seiner chemischen Natur, besonders aber hinsichtlich seiner wunderbaren Formen, verdanken wir den unermüdlichen und bewundernswerthen Untersuchungen von *Fritsche***). Die Ansichten von *Mohl****) über diesen Punkt, dass die äussere Pollenhaut Intercellularsubstanz sey, in welcher sich vollständige Zellen oder deren Anfänge (als Körnchen) bildeten, erscheinen mir durch *Fritsche's*, *Meyen's*†), meine eigenen und *Nägeli's*††) Untersuchungen vollständig widerlegt. Schon die eigenthümliche chemische Natur des Stoffes scheint sich hier jeder Gleichstellung mit Zellenbildung und den derselben zum Grunde liegenden Substanzen zu widersetzen.

§. 55.

Von dem Zusammentreten der Zellen hängt offenbar auch das eigenthümliche Verhältniss ab, in welchem die Richtungen der Saftströme in

*) Dies Verhältniss ist von *Mohl*, Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur den Pflanzensubstanz. Tübingen, 1836, nicht ganz richtig aufgefasst. Uebrigens hat er, wie gewöhnlich, einen Reichthum ausgezeichneter Beobachtung.

**) *Fritsche,* Ueber den Pollen. Petersburg 1837.

***) *Hugo Mohl*, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, Heft I. und Erläuterung und Vertheidigung u. s. w. S. 18 und sonst.

†) Physiologie Bd. 3. S. 146 ff.

††) Zur Entwicklungsgeschichte des Pollens etc.

zwei benachbarten Zellen zu einander stehen, indem bei den Charen ohne Ausnahme dem Strome in der einen Zelle ein entgegengesetzter Strom in der andern entspricht.

Die Thatsache selbst ist unzweifelhaft und leicht bei *Chara*, zum Theil auch bei *Vallisneria etc.* zu beobachten, der Grund völlig unbekannt. Es deutet aber doch auf eine ziemlich entschiedene Weise darauf hin, dass die Bedingungen der Saftbewegung ganz oder theilweise ausserhalb der Zelle liegen und die Endosmose wahrscheinlich einen grossen Antheil daran hat. Wir finden auch bei allseitig aneinander gelagerten Zellen, wie in *Najas, Vallisneria*, niemals, dass die Ströme die ganze Wand bedeckten, sondern nur zwei gegenüberstehende Seiten derselben, die durch alle Zellen in parallelen Flächen liegen, woraus sich die Möglichkeit der häufigen Entgegensetzung benachbarter Ströme durch die ganze Pflanze erklärt. Die zweite Art der Saftbewegung in einem Netz kleiner Strömchen hängt wahrscheinlich mit grösserer Selbstständigkeit und Unabhängigkeit der einzelnen Zelle zusammen und findet sich auch nur höchst selten im geschlossenen Zellgewebe.

§. 56.

Die einzelne Zelle kann ihrem individuellen Lebensprocess nach schon todt seyn, wird aber im Zusammenhang mit andern lebenden Zellen erhalten und dient vielleicht auch dem Leben dieser und somit der ganzen Pflanze noch längere Zeit. So sind vielleicht die sogenannten Gefässe beim Aufsteigen des Frühlingssaftes Behälter zur (rein passiven) Aufnahme des übermässig zuströmenden und nicht gleich zu verarbeitenden Saftes, in der übrigen Zeit aber Behälter für ausgesonderte Luft, so die Zellen, welche einzelne Secretionsstoffe enthalten u. s. w.

Es ist ein eigenthümliches Verhältniss, welches nur aus der hohen Individualisirung der Zelle und ihrem Zusammentreten zu einer Pflanze ohne völlige Vernichtung ihrer Individualität hervorght, dass sie in einen Zustand kommt, wo sie relativ (in Bezug auf sich) todt, relativ (in Bezug zur ganzen Pflanze) lebendig genannt werden muss. Auch dies Verhältniss zeigt, wie nichtssagend und unanwendbar alle Analogien zwischen Thier und Pflanzen sind, zwei Geschöpfe, deren innerste Natur so durch und durch verschieden ist, dass fast jede Vergleichung, die über die Bildung des Elementarorgans hinausgeht, blosse Spielerei des Witzes ohne allen wissenschaftlichen Werth bleibt.

II. *Eigenthümlichkeiten im Leben ganzer Gewebe.*

§. 57.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass der Lebensprocess aller einzelnen Zellen in denselben Geweben sich gleich oder doch sehr ähnlich ist; so

bilden häufig grössere Massen des Parenchyms gleiche Stoffe, die Bastbündel, die Milchgefässe u. s. w. einer Pflanze enthalten dieselben Substanzen. Doch kommen auch grosse Ausnahmen vor und es tritt im Parenchym in nahgelegenen Zellen gleicher Form sehr verschiedener Inhalt auf, oder es zeigt sich bei den Gefässbündeln und sonst das verschiedene Leben der einzelnen Zelle in der verschiedenen und verschieden schnellen Ausbildung der Zelle selbst.

Nur sehr durchschnittlich kann man den Satz aufstellen, dass die Zellen ganzer Gewebe gleiche Functionen haben, und es finden sich darin so grosse Ausnahmen, dass es wenigstens ganz unhaltbar erscheint, nach angeblicher Verschiedenheit der Functionen die Gewebe eintheilen zu wollen, wofür nur die Morphologie der Zelle ein genügendes Princip giebt. In demselben Parenchym finden wir eine Zelle gedrängt voll Stärkemehl neben einer gleichen, die nur ätherisches Oel enthält, und beide gränzen vielleicht an eine dritte, die einen klaren wässerigen, roth oder blau gefärbten Stoff enthält, während eine vierte neben verschiedenen assimilirten Stoffen eine grosse Menge Chlorophyll zeigt. Mitten im dünnwandigen Parenchym finden wir zerstreut oder in Gruppen mit den andern gleich grosse und gleich geformte Zellen, die fast zum Verschwinden ihres Lumen mit Verdickungsschichten erfüllt sind, z. B. die sogenannten steinigen Concretionen in Quitten und Birnen, in Rinde und Mark von *Hoja carnosa*, vieler Bäume, in den Luftwurzeln der Maxillarien und an hundert anderen Orten. Alles dies zeigt eine grosse Selbstständigkeit der einzelnen Zelle und die Möglichkeit, dass jede Zelle an jedem Ort unter Umständen alle Phasen ihres Lebens durchlaufen und sich auf jede ihr überhaupt mögliche Weise entwickeln könne. Nur mässig modificirt wird das Zellenleben durch die Form der Anordnung und die daraus hervorgehende Abhängigkeit von den benachbarten Zellen. Abgesehen von dieser Selbstständigkeit zeigen die Gewebe im Ganzen gewisse Erscheinungen, die einzeln gewürdigt werden müssen.

§. 58.

Das **Parenchym** hat die selbstständigsten Zellen, daher findet man in demselben am häufigsten und am wenigsten regelmässig angeordnet Zellen von dem verschiedensten Inhalt und der verschiedensten Configuration der Wände neben einander. Ueberwiegend zeigt sich in grösseren Massen des Parenchyms Stärkemehl (Kartoffeln), oder fettes Oel (Kotyledonen der *Brassica*-arten), oder Gummi (Altheenwurzeln), oder Emulsion (Oel und Pflanzeneiweiss, in den Kotyledonen der Mandeln), oder assimilirte Stoffe und Chlorophyll (in allen grünen Blättern),

oder Farbestoffe gleicher Art (in Blumenblättern) oder Luft (im Mark) u. s. w.

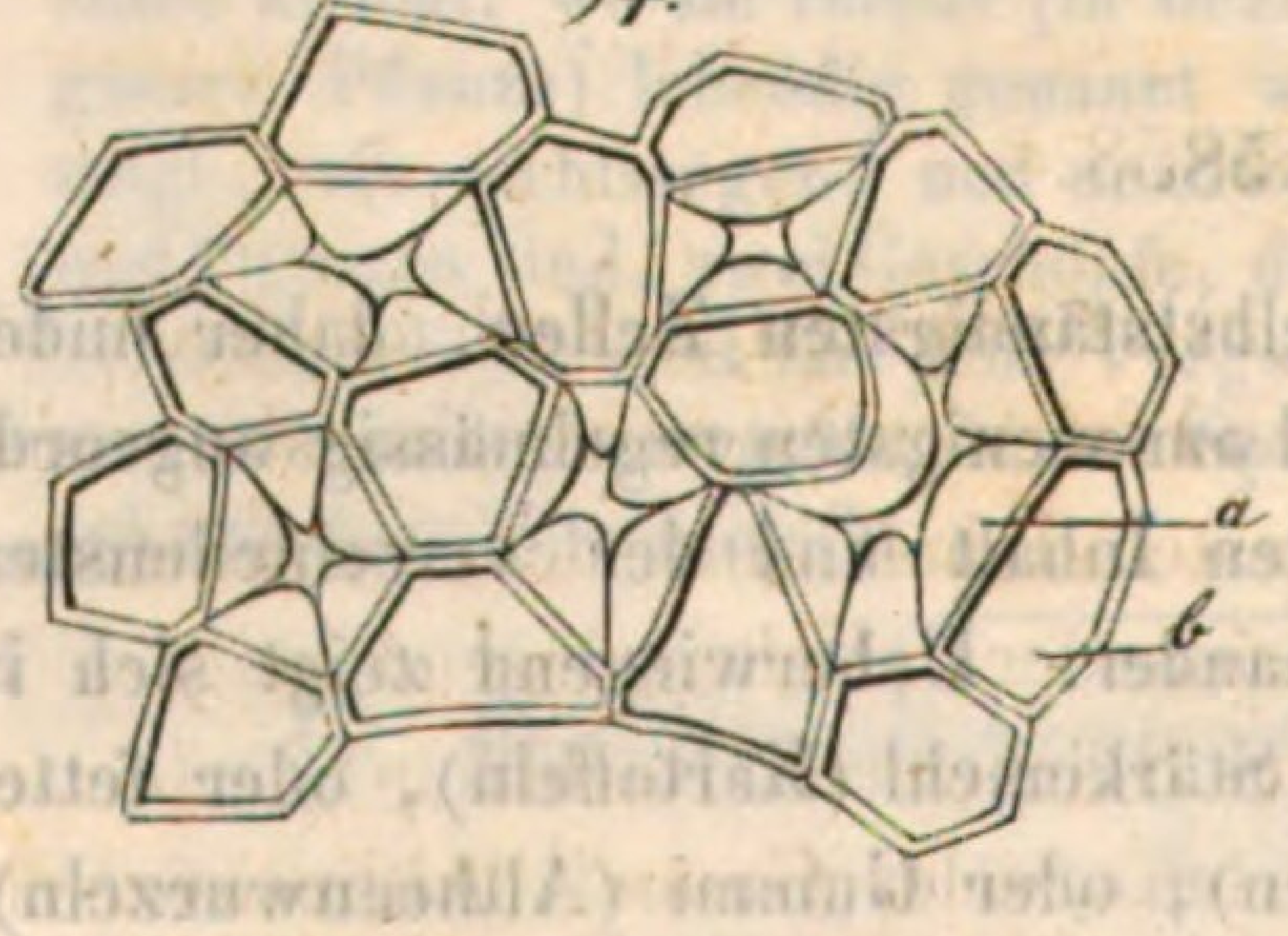
§. 59.

Die verschiedenen Bildungen des Intercellularsystems enthalten sehr verschiedene Stoffe. Das Eigenthümliche ist hier, dass alle dieselben begrenzenden Zellen, wie ich glaube, ohne Ausnahme gleiche Lebensthätigkeit zeigen, entweder gar nicht auf den Inhalt der Intercellularräume einwirken, oder ganz gleiche Stoffe in sie hinein aussondern. Hierher gehören alle die verschiedenen Behälter eigner Säfte, Harz- und Gummigänge sowie Milchsaftbehälter, ferner die feste oft in bestimmter von den benachbarten Zellen abhängigen Form auftretende Intercellularsubstanz (*Substantia intercellularis*).

Ueber den Process, der die Behälter eigner Säfte mit dem in ihnen enthaltenen Stoffe anfüllt, über die Bereitung dieses Stoffes von den benachbarten Zellen, über die Kraft, wodurch diese Stoffe in die Behälter hinein abgesondert werden, wissen wir noch nichts. Ganz diesen an die Seite zu stellen und nur verschieden durch die Art des Excrets sind die mit fester Substanz erfüllten Intercellulargänge. Sie finden sich in doppelter Form. Im Holze der Dikotyledonen und an einigen anderen Orten sind die engen Intercellulargänge oft von einer wenigstens scheinbar homogenen Substanz erfüllt, deren Farbe und Brechungskraft etwas anders als die der Zellenwand ist.

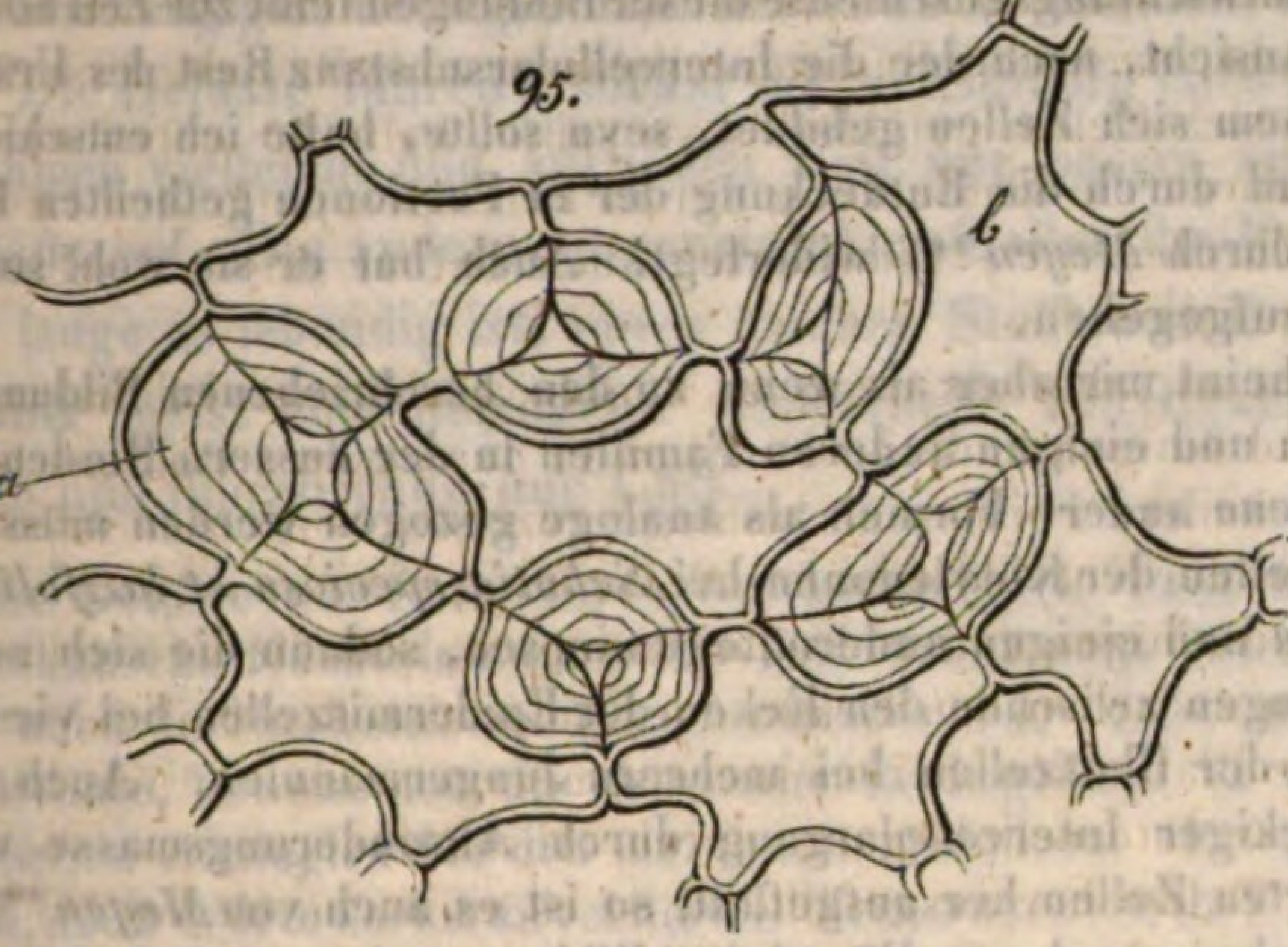
Auffallender erscheint dagegen die Bildung der Intercellularsubstanz zwischen den Zellen der äussern Rindenschicht bei Chenopodeen, Amaranthaceen, Umbelliferen, Malvaceen u. s. w.

94.

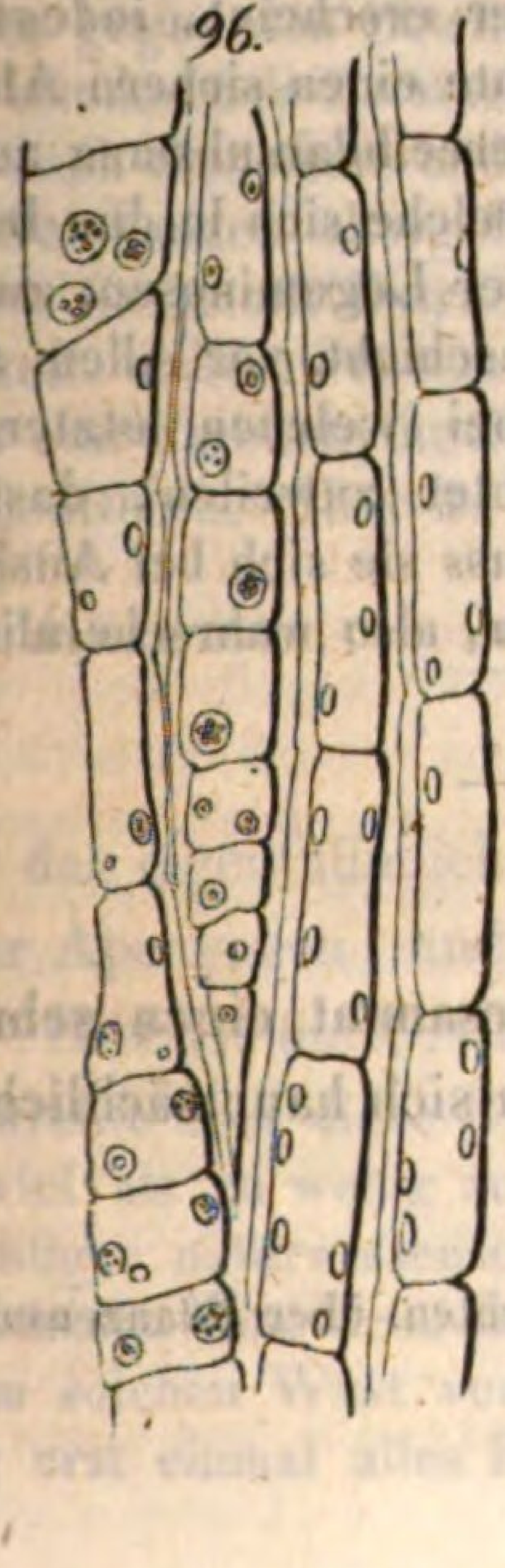


Sehen wir diese Zellen im Querschnitt bei *Abutilon graveolens* (94) an, so zeigen sich grosse von 3 bis 6 Zellen (*b*) gebildete Intercellulargänge. Von jeder anliegenden Zellenwand ragt in dieselben eine halbfeste, halbgelatinöse Masse (*a*) hinein, ohne dass jedoch durch diese sämmtlichen Massen der Intercellulargang vollständig ausgefüllt würde.

94. Querschnitt aus der äusseren Rindenschicht von *Abutilon graveolens*, *a* von den Zellen abgesonderte Intercellularsubstanz, *b* Zellen.



Bei *Amaranthus viridis* (95) nehmen sich dieselben Zellen (*b*) auf dem Querschnitt wie sternförmige Zellen aus und bilden auf diese Weise sehr weite abgerundete Intercellulargänge; auch diese sind durch Absonderungssubstanz (*a*) zum Theil ausgefüllt und die letztere zeigt concentrische Schichten, welche den Zellenwänden, von denen sie abgesondert sind, parallel laufen. Das Letztere scheint mir entscheidend für ihre Natur als Absonderung der Zellen.



Betrachten wir endlich die ähnlichen Bildungen bei *Justicia carnea* im Längsschnitt (96) so zeigt sich uns die Absonderungssubstanz der ganzen Länge nach zwischen den Zellenreihen zusammenhängend, nur mit undeutlicher Spur der Zusammensetzung aus einzelnen Portionen.

95. Querschnitt aus der äusseren Rindenschicht von *Amaranthus viridis*, *a* von den Zellen schichtenweise abgesonderte Intercellularsubstanz, *b* Zellen.

96. Längsschnitt durch die äussere Rindenschicht von *Justicia carnea*, senkrechte Zellenreihen mit Chlorophyllkörnern in den Intercellulargängen, von beiden Seiten her abgesonderte Intercellularsubstanz.

Die Entwicklungsgeschichte dieser Bildungen fehlt zur Zeit noch. *Mohl's* *) frühere Ansicht, nach der die Intercellularsubstanz Rest des Urstoffs, in und aus welchem sich Zellen gebildet, seyn sollte, halte ich entschieden für unrichtig und durch die Entdeckung der in Portionen getheilten Intercellularsubstanz durch *Meyen* **) widerlegt. Auch hat er sie wohl selbst in neuerer Zeit aufgegeben.

Es scheint mir aber als wenn zu den beschriebenen Bildungen bei den genannten und einigen anderen Familien in der äussern Rindenschicht noch verschiedene andere Formen als analoge gezogen werden müssten, namentlich die Zellen der Kotyledonen bei *Schotia speciosa et latifolia*, *Tamarindus indica* und einigen andern Leguminosen, sodann die sich sehr gleichenden Bildungen zwischen den Ecken der Epidermiszellen bei vielen *Begonia*-arten und der Blattzellen bei mehrern Jungermannien. Auch hier scheint ein dreieckiger Intercellulargang durch Absonderungsmasse von den drei benachbarten Zellen her ausgefüllt, so ist es auch von *Meyen* ***) bei *Begonia* angesehen worden. Für einige Bildungen (namentlich bei *Schotia* und *Jungermannia*) hat nun *Mohl* †) eine ähnliche Erklärung gegeben, wie für die Absonderungsschicht auf der Oberhaut, dass nämlich die Zellen durch schichtenweise Ablagerung auf die innere Fläche verdickt würden, wobei dann immer die äussern Schichten in ihrer Natur chemisch verändert werden müssten, denn bei allen diesen Gebilden begrenzt die scheinbar ganz continuirliche Zellenmembran das Lumen der Zelle. — Wie weit *Mohl* geneigt ist, diese seine Ansicht auch auf die andern Verhältnisse auszudehnen, weiss ich nicht. Ich muss gestehen, dass mir die von *Meyen* vorgetragne Ansicht noch zur Zeit annehmlicher erscheint, indess giebt hier noch keine vollständige Entwicklungsgeschichte einen sichern Abschluss.

Einen offenbaren Uebergang von der Intercellularsubstanz zu den Gummigängen macht die halbflüssige Gallerte, welche sich in den Intercellularräumen des Albumens der Cassien und anderer Leguminosen, zwischen den Zellen der Flechten, besonders der Schlauchschicht, vor Allem aber in den Intercellularräumen der Fucoideen findet, bei welchen letztern sie dem Dextrin (?) ganz nahe steht. Man beobachtet zuweilen, dass die Zellen früher da sind, als diese Stoffe, und dass sie sich bei Ausbildung des Zellgewebes vermehren und nicht vermindern, also wahrscheinlich Excrete der Zellen sind.

§. 60.

Die Gefässbündelzellen zeigen fast insgesammt einen sehr übereinstimmenden Lebensprocess und unterscheiden sich hauptsächlich nur nach

*) Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansichten über Pflanzensubstanz etc.

**) Physiologie Bd. I. S. 170 ff.

***) a. a. O.

der vom Alter abhängigen Configuration der Wände und nach ihrem Alter überhaupt. Die Gefässe führen, sobald sie vollständig entwickelt sind, Luft und nehmen vielleicht und auf jeden Fall nur passiv zuweilen für kurze Zeit Säfte auf. Die andern langgestreckten Zellen des Prosenchyms zeigen, so lange es lebendig ist, einen raschen Stoffwechsel im Innern, enthalten daher meist eine homogene wasserhelle Flüssigkeit. Später sterben sie ab und führen dann nur Luft.

Dass die Gefässe nur Luft führen und keine Säfte, kann der, welcher einige physikalische Kenntnisse hat, bei dem flüchtigsten Blick auf einen der Länge nach durchschnittenen Pflanzentheil sehen. Dass darüber Streit entstehen konnte, beweist nur die ungeheure Befangenheit in Vorurtheilen und angeblichen Analogien bei den meisten Beobachtern. Es ist nicht der Mühe werth, noch Worte darum zu verlieren. Schon oben (S. 241, 250) wurde bemerkt, dass die Gefässbündelzellen wahrscheinlich ihre langgestreckte Form selbst einem raschen Durchströmen des Saftes in einer bestimmten Richtung verdanken, wodurch ihre Enden stärker ernährt werden als ihre Seiten. Bei diesem raschen Wechsel erklärt sichs, dass der chemische Process in ihnen sehr einfach ist, wir finden in ihnen wohl selten eigenthümliche Stoffe gebildet, so lange sie noch lebendig sind. Selbst festere assimilirte Stoffe, wie Stärkemehl, treten nur selten und in geringer Menge in ihnen auf. Wenn sie aber anfangen abzusterben (wenn sie Kernholz bilden), hören sie meist ganz auf Saft zu führen, und es beginnt, da sie nie vollkommen gegen den Zutritt der Luft und einiger Feuchtigkeit geschützt sind, ein chemischer Zersetzungsprocess (Verwesung), durch welchen sie nach und nach theilweise und unter Beibehaltung ihrer Form in kohlenstoffreichere Substanzen übergeführt werden. Die eigenthümlichen Producte des Holzes, Gerbstoff, Extractivstoff, Farbestoffe, verdanken wahrscheinlich grösstentheils diesem Process ihre Entstehung, seltener den das Holz durchsetzenden von Parenchymzellen begrenzten Saftgängen, wie beim Harzgehalt der Coniferen. Hier ist aber noch ein grosses Feld für weitere Forschungen.

§. 61.

Ueber das eigenthümliche Leben der Bastzellen, der gewöhnlichen wie der der Apocyneen, und der Milchsaftgefässe wissen wir so gut wie gar nichts. Hier ist noch Alles zu erforschen.

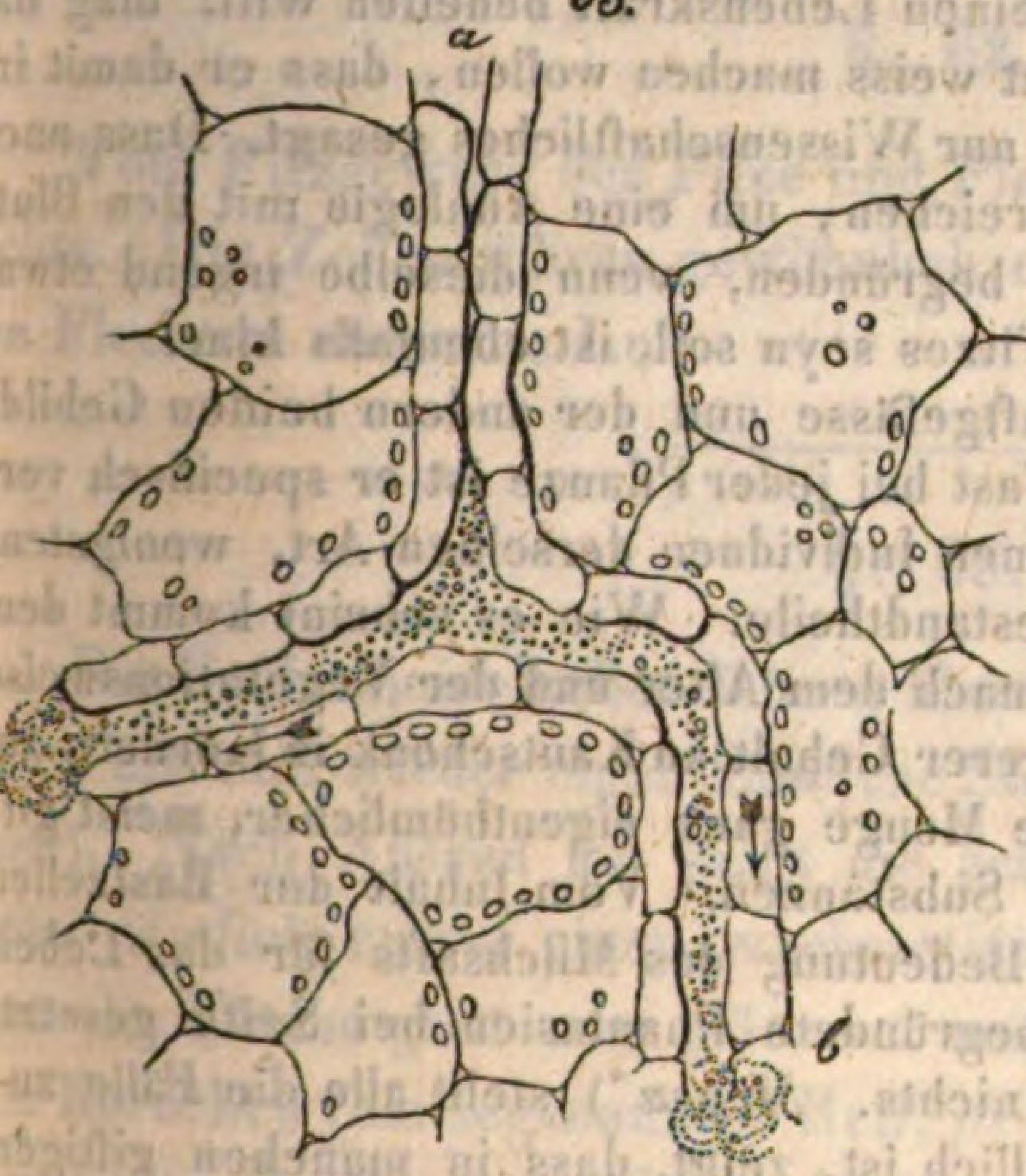
Ich fürchte über diese Gebilde, insbesondere über die Milchsaftgefässe eher zu viel als zu wenig zu sagen, denn bei der gänzlichen Vernachlässigung richtiger naturwissenschaftlicher Methode, bei dem kindischen Spiel mit Hypothesen ohne Grundlage und ohne leitende Maximen ist diese Lehre mit einem solchen Wust von Unsinn überfüllt, dass man am besten thäte, vorläufig erst einmal alles Bisherige über Bord zu werfen und ganz von

Vorn anzufangen, statt sich an das undankbare Geschäft zu machen, den wahren Augiasstall auszumisten. Von unsern ersten Botanikern finden wir Sätze wie: „Die Gefässe des Stammes, die diesem System angehören, sind die Ausdrücke der beiden Brennpunkte aus der idealen Ellipse des rein peripherischen Circulationssystems. Die eine Abside führt zum Licht . . . die andere Abside führt jener diagonal entgegengesetzt in die Finsterniss . . .“ Dergleichen sind so durchaus sinnlose Worte, dass man kaum weiss, was man dazu sagen soll. Wer aber einmal den Zügel gesunder Methodik zerrissen, der geht haltungslos auf das Allerunsinnigste los, ohne dass er sich der Verkehrtheit auch nur in dunkler Ahnung bewusst wird. Fast jede Seite, die über die Milchsaftgefässe geschrieben ist, giebt Zeugniss von oberflächlichen Beobachtungen, ungezügelten Phantasiespielen, physikalischer Unwissenheit u. s. w. Die ganze Vorstellung von einem allenthalben durch die ganze Pflanze communicirenden Gefässsystem („Eine vielfach durch die Pflanze verästelte, aber in sich geschlossene Zelle“, *Meyen*) ist rein aus der Luft gegriffen (wie sollten die paar kleinen Schnittchen, die man von einer Pflanze abgerissen beobachtet, auch dergleichen begründen können?), aber die Verfasser haben sich so in den Gedanken verliebt, dass sie es ganz ruhig als Beobachtung vortragen. Nur in zwei oder drei unverletzten Pflanzen ist bis jetzt eine Bewegung des Milchsafts beobachtet, und noch dazu fast nur bei dem so leicht zu Täuschungen verführenden directen Sonnenlichte; daraus wird keck eine allgemeine Circulation abgeleitet, der man sogar ganz genau ihre Richtung durch die ganze Pflanze vorschreibt. Das Ausfliessen des Saftes aus zerschnittenen Theilen sieht man als entschiedenen Beweis für die Bewegung im unverletzten Theil an. Bewegt sich etwa der Wein im Fasse auch, weil er ausläuft, wenn man den Hahn aufdreht, also das bisherige Gleichgewicht aufhebt? „Nur die Lebenskraft treibt den Saft heraus, sonst müsste ihn Haarröhrchenkraft zurückhalten,“ sagen Andere. Wissen die Leute auch, was Haarröhrchenkraft ist? Dazu gehören feste Wände, aber nicht dünne Membranen in einem turgescirenden Gewebe. Wissen sie, wie Capillarität wirkt? In bestimmtem Verhältniss zur Enge der Röhre, im Verhältniss zum Stoff der Röhre, der Flüssigkeit und des Verhältnisses beider zu einander und dann entweder als capillare Elevation oder capillare Depression. Haben die Leute den Durchmesser der Milchsaftgefässe gemessen, die Capillarkraft der Substanz der Röhre und der Flüssigkeit bestimmt und danach ihre Capillarität berechnet? O nein, phantasiren ist viel leichter, als genau messen und rechnen. Wie viel fliesst denn aus einem durchschnittenen Stengel aus? Sehr wenig und man muss ein neues Stück abschneiden, um abermals Saft ausfliessen zu machen und so weiter. Hierbei wäre es gar nicht unwahrscheinlich, dass grade die Capillarität den Saft zurückhielte, nachdem dasjenige abgeflossen ist, was sie nicht halten konnte. Aber auf jeden Fall wirkt beim Ausfliessen auch abgesehen von der wirklichen Bewegung des Saftes in der unverletzten Pflanze doch die Turgescenz des benachbarten Zellgewebes mit und diese Ursache muss ebenfalls erst in Rechnung genommen werden. Sie erklärt z. B. sehr leicht, warum aus dem obern Ende eines

durchschnittenen Stengels mehr Saft ausläuft, als aus dem untern, weil die jüngern Zellen mit zartern Wänden und mehr von Flüssigkeit strotzend sich mehr ausdehnen müssen als die fester verwachsenen, älteren und derbwandigeren des unteren Theils der Pflanze. Ich könnte so noch lange fortfahren, aber es genügt so schon, um zu zeigen, mit welcher grenzenlosen Oberflächlichkeit hier verfahren ist. Ich will keineswegs damit einen Gegenbeweis gegen die Existenz der Bewegung des Milchsafts liefern, sondern nur zeigen, dass der bisherige Weg der Behandlung dieser Lehre zu gar keinen wissenschaftlich brauchbaren Resultaten führen kann.

Wenn man die Thatsachen selbst zu Rathe zieht, so muss man zweierlei genau unterscheiden, die Präparate und die unverletzte Pflanze. Ferner ist hier zu bemerken, dass im ganz jungen Zustande man in den Milchsaftgefässen nur eine klare, wasserhelle Flüssigkeit, also keine Bewegung beobachten kann, und dass in einigermassen alten und dickwandigen Gefässen der Milchsaft auf mannigfache Art coagulirt und in feste Massen umgewandelt erscheint, z. B. in den Euphorbien. Nur im mittleren Zustande kann überhaupt von einer Bewegung die Rede seyn. Wenn man nun einen Schnitt unters Mikroskop bringt, so bemerkt man eine rasche Bewegung des meistens körnigen *) Saftes, oft neben einander in entgegengesetzter Richtung, betrachtet man die Enden der durchschnittenen Gefässe, so findet man so oft an beiden Enden desselben Gefässes eine ausgetretene und coagulirte Masse und bemerkt so häufig ein Ausströmen nach beiden Seiten, oder ein anfängliches Ausströmen nach einer Seite, und wenn hier der Ausfluss durch das Coagulum versperrt ist, einen Stillstand und bald darauf ein Ausfliessen nach der andern Seite, dass es unmöglich ist, ohne vorgefasste Ansicht d i e s e Bewegung auf d i e s e Beobachtungen gestütz für eine der Richtung nach bestimmte zu erklären.

63.



*) *Meyen* hatte eine Zeit, wo ihm überall wie *mouches volantes* Bläschen erschienen, so auch hier. Es sind aber entschieden feste, solide Körnchen.

63. Milchsaftgefässe aus dem Blatte von *Limnocharis Humboldti*. Erst während der Beobachtung entleerte sich das obere Ende (bei *a*.) und fiel zusammen. Die Pfeile zeigen die beobachtete Richtung des Ausströmens an. Jedes Milchsaftgefäss ist von zwei Reihen schmaler, etwas längerer Parenchymzellen (*b*.) eingefasst.

Bei unverletzten Pflanzen gelingt es nur höchst selten, die Bewegung des Milchsafts zu sehen, auch bei *Chelidonium majus* ist es nur unter Umständen möglich, die grosse optische Schwierigkeiten darbieten. Leicht dagegen ist es an den Blättern von *Alisma plantago*. Hier beobachtet man allerdings eine Bewegung, nämlich ein Hinströmen bald schneller, bald langsamer, und in demselben Gefäss bald in der einen, bald in der andern Richtung, aber häufig abwechselnd mit sehr langen Perioden des Stillstandes. Von einer regelmässigen Bewegung in bestimmter Richtung habe ich nie etwas beobachten können, wie denn überhaupt das Vorgetragene Alles ist, was ich bei der sorgfältigsten Beobachtung an den verschiedenartigsten Pflanzen unter den verschiedensten Umständen als sicheres Resultat habe erhalten können. Dass es bei diesen Grundlagen (und die andern sind mindestens zur Zeit noch streitig) bei unsern überhaupt noch so grenzenlos mangelhaften Kenntnissen über die physikalischen und chemischen Vorgänge in der Pflanze ein ganz kindisches Unternehmen ist eine Theorie auszuspinnen, wird mir gewiss Jeder zugeben, der nur einen ungefähren Begriff von dem hat, was Erfahrung, Hypothese, Induction und Theorie in den Naturwissenschaften eigentlich bedeuten. Wer sich hier mit dem höchst billigen Scherwenzel einer allgemeinen Lebenskraft behelfen will, mag das für sich thun, nur soll er uns nicht weiss machen wollen, dass er damit irgend etwas Tiefes oder überhaupt nur Wissenschaftliches gesagt. Dass auch alle sicheren Thatsachen nicht hinreichen, um eine Analogie mit den Blutbewegungen bei den Thieren zu begründen, wenn dieselbe irgend etwas mehr als müssige Spielerei des Witzes seyn soll, ist ebenfalls klar.

Ueber den Inhalt der Milchsaftgefässe und der andern beiden Gebilde wissen wir noch viel zu wenig. Fast bei jeder Pflanze ist er specifisch verschieden, und oft bei verschiedenen Individuen derselben Art, wenigstens in der Quantität der einzelnen Bestandtheile. Wie es scheint kommt dem Milchsafte ziemlich allgemein ein nach dem Alter und der Vegetationsweise der Pflanze grösserer oder geringerer Gehalt an Kautschouk in Körnern zu. Auch finden sich im Milchsaft eine Menge ganz eigenthümlicher, meist giftiger oder doch sehr verdächtiger Substanzen. Vom Inhalt der Bastzellen wissen wir gar nichts. Von der Bedeutung des Milchsafts für das Leben der Pflanze, *Schultz's* ganz unbegründete Phantasien bei Seite gesetzt, wissen wir ebenfalls durchaus gar nichts. *Meyen**) stellt alle die Fälle zusammen, wo der Milchsaft unschädlich ist, zeigt, dass in manchen giftigen Milchsäften auch unschädliche Stoffe vorkommen, und schliesst dann, „dass der Milchsaft wenigstens für Menschen und Thiere ein sehr ausgebildeter Nahrungssaft seyn k a n n, und d e m n a c h steht der Annahme, dass derselbe auch in den Pflanzen die Rolle eines ernährenden Saftes versieht, gewiss nichts im Wege". Mit weniger Logik kann man allerdings nicht leicht zu einem Schluss kommen. Wenn man von den absolut giftigen Milchsäften, der *Antiaris toxicaria*, *Hippomane*, *Excoecaria* ausgeht, und

*) Pflanzenphysiologie Bd. 2, S. 410.

zeigt, wie oft unschädliche Milchsäfte, z. B. der jungen Salatpflanzen, sobald die Pflanze nur etwas ausgebildet ist, giftig werden, wie man die Mohnpflanze mit Opium, die *Lactuca* mit *Lactucarium* vergiften kann, so wäre doch der Schluss auf das directe Gegentheil noch immer besser begründet. Aber von Schlüssen und Abschluss kann hier überall noch nicht die Rede seyn, sondern nur von Vermuthungen und Andeutungen.

Wahrscheinlich sind alle diese Theile, ähnlich wie die oft ihre Stelle vertretenden Milchsaftgänge, dazu bestimmt, Stoffe aufzunehmen und aus der Wechselwirkung mit den lebendigen Zellen zu entfernen, die sonst dem Leben der Pflanze schädlich würden. Dahin deutet wenigstens, dass sich auch fast alle Pflanzengifte, die es für die Pflanzen, die sie liefern, selbst sind, in den Milchsäften finden. Doch lassen sich bis jetzt nur ganz vage Vermuthungen aussprechen. Die Ansicht von *Liebig**), dass „in den Milchsaft führenden Gewächsen Kautschouk das Wasser mit einer undurchdringlichen Hülle umgebe und so die Pflanzen der heissen Klimate gegen Vertrocknung sichere" beruht auf gänzlicher Unkenntniss des Pflanzenbaus.

§. 62.

Vom Filzgewebe der Pilze und Flechten wissen wir ebenfalls noch nichts. Die Zellen führen gewöhnlich einen klaren, farblosen Saft, bei den Flechten zuweilen Luft.

§. 63.

Die Epidermoidalzellen führen klare, wasserhelle oder gefärbte Säfte, selten hin und wieder eigenthümliche Stoffe, z. B. Harz (bei *Aloe nigricans*). Nach Aussen hin zeigt die ächte Epidermis eigenthümliche Secrete, nämlich zuerst einen wachsartigen Stoff gewöhnlich nur als eine zarte die Fläche glatt oder glänzend machende Schicht, seltner in kleinen Körnchen (als sogenannter Reif, *pruina*), in beiden Fällen die Oberhaut gegen Benutzung und Durchdringung von Wasser schützend, also auch allen Austausch von Gasen und Dünsten unmöglich machend, welcher Austausch nur durch die Spaltöffnungen vermittelt werden kann. Später bildet sich unter dieser ersten Absonderung eine zweite Schicht (*cuticula*), aus einem noch nicht näher untersuchten assimilirten Stoffe bestehend, die in manchen Fällen sehr dick wird, und Höcker, Warzen

*) Organische Chemie S. 57.

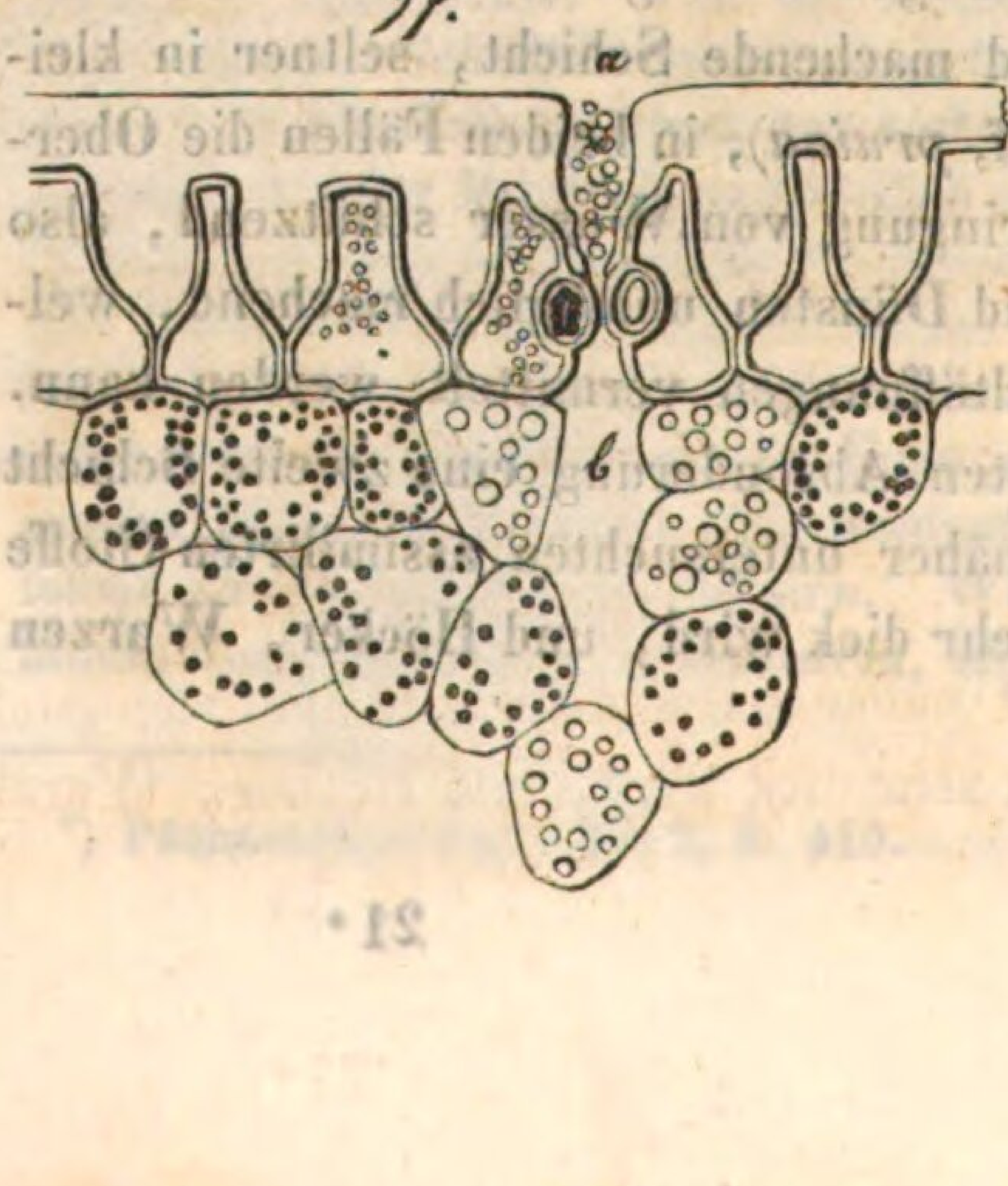
und dergleichen besonders in der Nähe der Spaltöffnungen bildet. Das Leben der Anhänge der Epidermis ist sehr mannigfaltig und wir finden hier wieder sehr verschiedenen Inhalt und eigenthümliche Excrete. Vom Kork wissen wir nur, dass er bald abstirbt und theilweise verwest.

Das Epithelium unterscheidet sich von den Parenchymzellen nur durch seinen wasserhellen Saft. Das Epiblema ist noch nicht genügend untersucht. Sobald sich aber das Epithelium an der Luft zur Epidermis ausbildet, überzieht es sich mit einer zarten Schicht eines Stoffes, der durch absoluten Alkohol oder Aether zu entfernen ist, der Epidermis stets einen gewissen Glanz verleiht und sie völlig gegen Benetzung mit Wasser schützt. Dies Letztere ist der wichtigste Punkt. Wir wissen dass zwar eine von Feuchtigkeit durchdrungene Membran dem Verdunsten des von ihr eingeschlossenen Wassers und der Absorption und dem Austausch der Gase kein Hinderniss in den Weg stellt, wohl aber eine trockene. So isolirt die Epidermis die Parenchymzellen gegen jede Einwirkung der Atmosphäre, von der sie durch die Epidermis weder etwas empfangen noch an dieselbe etwas abgeben können. Diese ganze Wechselwirkung bleibt daher auf die Spaltöffnungen beschränkt. Durch diese ist allein Verdunstung und Gasaustausch möglich. Dieser eigenthümliche Ueberzug der Epidermis ist bisher ganz übersehen und nur da erkannt worden, wo er in grösserer Menge in kleinen Körnern als Reif auftritt; er existirt aber bei jeder Epidermis, lässt sich durch Aether entfernen, worauf die Zellen so gut wie alle andern durch Wasser benetzt werden.

Im Schnitt senkrecht auf die Fläche lässt sich diese Wachsabsonderung nur dann darstellen, wenn sie wie bei *Elymus arenarius*, *Strelitzia farinosa* etc. eine beträchtliche Dicke erreicht. Bei den diesem Paragraphen beigegebenen Holzschnitten ist sie deshalb auch nicht ausgedrückt.

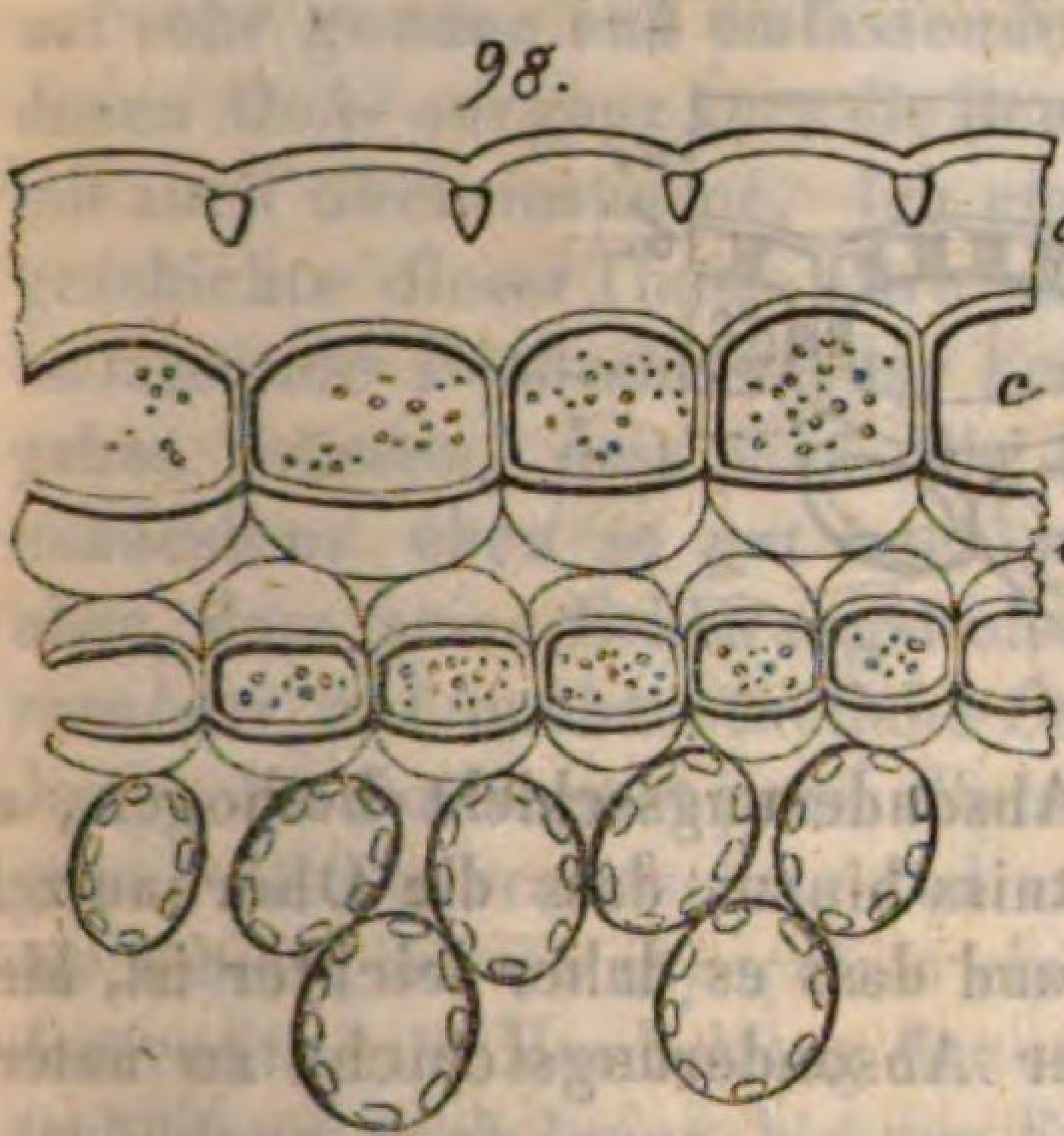
Der Zweck dieser Schicht, jede Verdunstung u. s. w. auf der Oberfläche der Gewächse zu verhindern, wird wahrscheinlich noch mehr erreicht durch die zweite Aussonderung.

97.



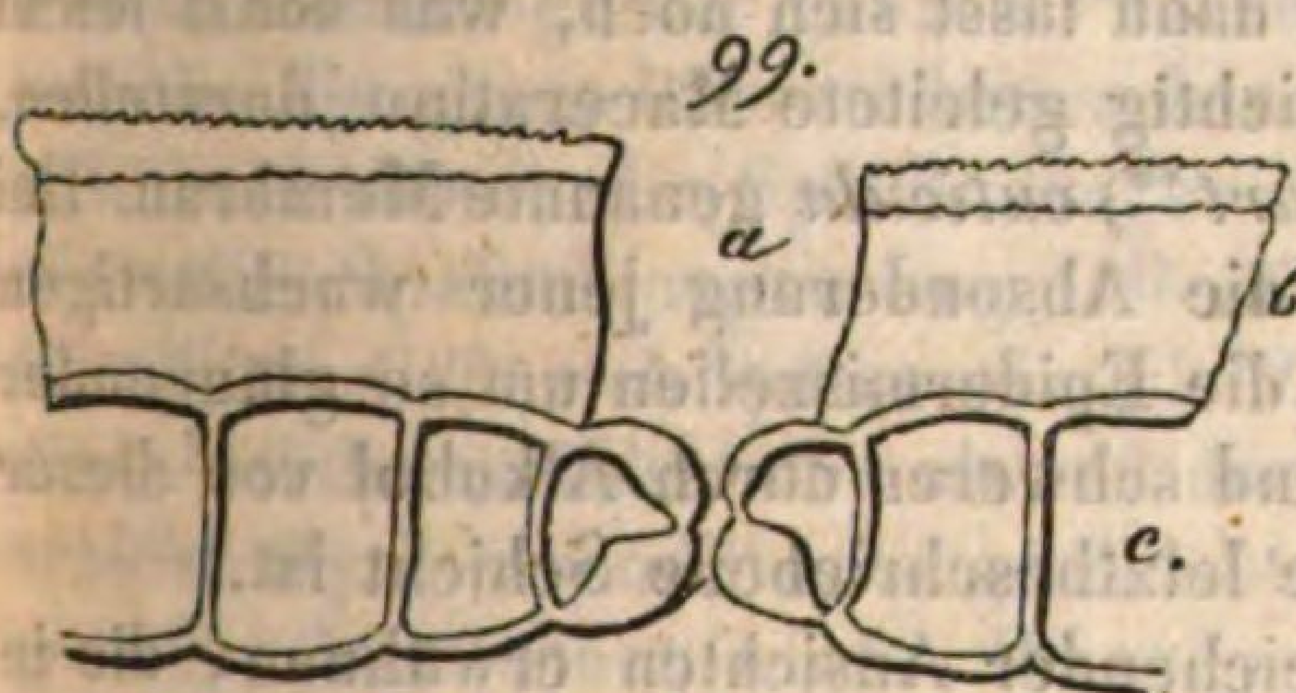
Wenn man einen feinen Querschnitt der Oberhaut von *Aloë nigricans* (97) so findet man Epidermiszellen, die nach Aussen papillös ausgedehnt sind, gleichwohl ist die Oberfläche des Blattes fast ganz eben, denn zwischen den Papillen der Oberhautzellen und noch weit drüber hinaus liegt eine durch ihr optisches Verhalten sich auffallend von der Zellenmembran unterscheidende Füllmasse (97, *c*).

97. Ein Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Aloë nigricans a.* Canal der Spaltöffnung mit orangefarb-



Wenn man ein ganz junges Blatt von *Hyacinthus orientalis* betrachtet, findet man dasselbe nur von einem zarten Epithelium umschlossen, dessen Zellen ein klein wenig nach Aussen sich blasig erheben. Sowie sich dies Epithelium weiter entwickelt, zeigt sich zuerst in den Fugen zwischen den einzelnen Zellen eine gelatinöse Substanz, die bald erhärtet und so ein Netz darstellt, dessen Maschen die Zellengrenzen bezeichnen. Bald darauf bedecken sich die ganzen Zellen mit einer solchen Schicht, die sich fest mit jenem Netz verbindet und ebenfalls schnell erhärtet. Nun sondern die Epidermiszellen auf ihrer Aussenfläche einen weniger festen und dichten Stoff ab, der jene erste Schicht mit dem Fasernetz in die Höhe hebt und allmälig zu einer bedeutenden Dicke anwächst.

Diese einzelnen Theile lassen sich noch an der ausgebildeten Oberhaut von *Dipsacus fullonum* (98) beobachten. Hier kommt noch hinzu, dass die Oberhautzellen (*c*) nicht nur nach Aussen diese Schicht (*a*) absondern, sondern auch nach Innen eine Intercellularsubstanz (*b*) und dass in dieser letzten Beziehung sich die unmittelbar unter der Oberhaut liegende Zellenschicht ebenso verhält.



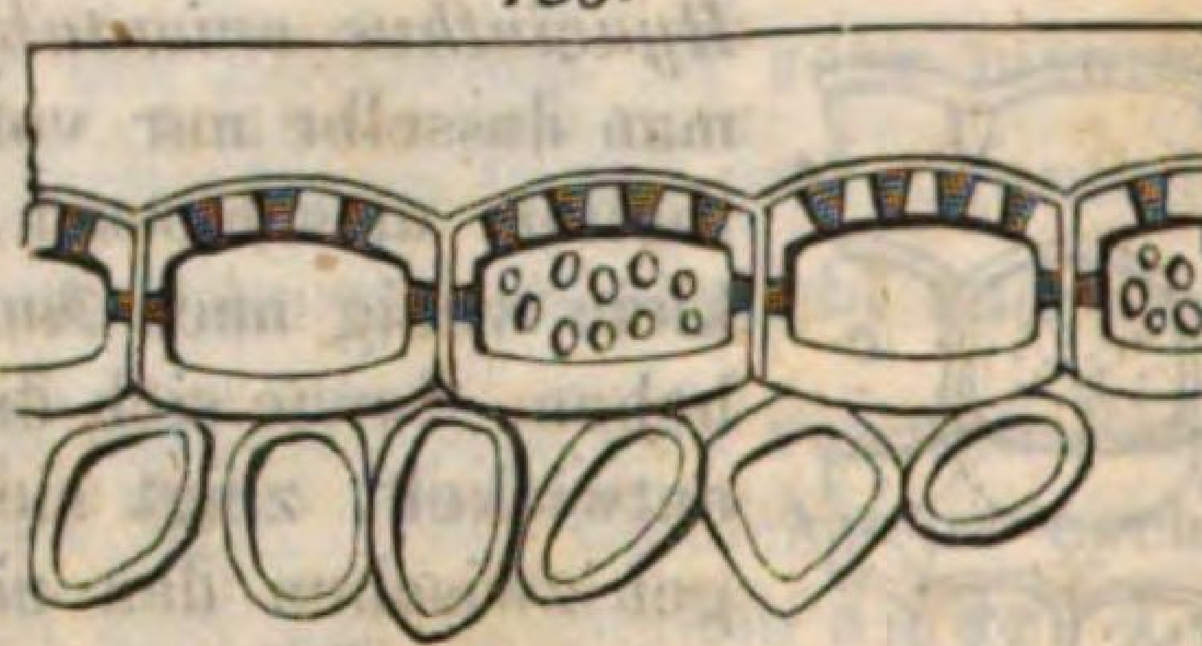
Auffallend dick tritt die *Cuticula* (*b*) bei der Baumnelke auf, an der man die erste festere Absonderung von der folgenden weicheren ebenfalls deutlich unterscheiden kann.

nen Harzkörnern erfüllt. *b*. Höhle unter der Spaltöffnung von Zellen begrenzt, die theils Chlorophyllkörner (in der Zeichnung schwarz) theils rosenrothe oder orangefarbene Harzkörner enthalten. Die papillösen Oberhautzellen sind mit heller oder dunkler rothem Saft und zum Theil mit rosenrothen Harzkörnern erfüllt. Von den beiden Spaltöffnungszellen enthält eine Chlorophyll, eine ein einziges grosses hellgelbes Harzkörnchen. *c*. ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen.

98. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Dipsacus fullonum*. *c* sind die Epidermiszellen mit körnigem Inhalt, *a* ist die Absonderungsschicht der Epidermiszellen nach Aussen. Die äusserste Lage dieser Absonderungsschicht ist dichter und deutlich zu unterscheiden, den Fugen der Oberhautzellen entsprechend läuft unter dieser Lage ein Netzwerk von Fasern ebenfalls dichterer Substanz hin. Nach Innen sondern die Oberhautzellen ebenfalls Intercellularsubstanz aus, welche hier (*b*) mit derjenigen zusammen trifft, welche von der unter der Epidermis liegenden Zellenlage ausgesondert wird. Endlich ist auch diese Zellenreihe noch nach Innen mit Intercellularsubstanz bedeckt und stösst hier an das lockere grüne Parenchyma.

99. Schnitt senkrecht durch die Oberhaut des Blattes einer Baumnelke. *c* Epidermiszellen bedeckt mit der Absonderungsschicht *b*, welche zu äusserst aus einer dichteren Lage gebildet wird. *a* Eingang durch die Absonderungsschicht zur Spaltöffnung.

100.



Bei *Cycas revoluta* ist die ganze Absonderungsschicht homogen, es kommt hier aber das interessante Verhältniss hinzu, dass die Oberhautzellen nach Aussen hin Porencanäle zeigen und dass es daher leichter ist, hier die Membran der Oberhautzelle von der Absonderungsschicht zu unterscheiden.

Noch eine ganze Reihe eigenthümlicher Erscheinungsweisen dieser Absonderungsschicht hat *Hugo Mohl**) mitgetheilt.

Zuweilen tritt die erste Absonderung an bestimmten Stellen, z. B. auf der Mitte der Zelle (*Phormium tenax*), oder an zwei bis drei Punkten, oder an den Rändern der Spaltöffnungen (*Agave Americana*) stärker hervor und bildet daselbst Wärzchen und dergleichen. Oft ist sie in der Weise unregelmässig, dass sie wie mit Nadeln eingeritzt erscheint, z. B. bei *Epidendron elongatum*. In den meisten Fällen erscheint diese Absonderung deutlich von der äussern Wand der Epidermiszelle verschieden, oft scheint nur die äussere Wand dicker, aber auch dann lässt sich noch, was sonst leicht geschieht, diese Schicht durch vorsichtig geleitete Maceration darstellen. Dadurch erhält man die von *Brongniart***) *cuticula* genannte Membran. Bei dieser Absonderung geht vielleicht die Absonderung jener wachsartigen Substanz auch fort, denn wir finden die Epidermiszellen um so glänzender und undurchdringlicher für Wasser und schwerer durch Alkohol von dieser Eigenschaft zu befreien, je dicker die letztbeschriebene Schicht ist.

Hier muss ich noch zweier abweichender Ansichten erwähnen, die in neuerer Zeit über die Absonderungsschicht der Oberhaut aufgestellt sind. Die erste ist von *H. Mohl* in der *Linnaea* (1842) entwickelt worden. Er ist der Ansicht, dass die ganze Absonderungsschicht aus den äusseren Wänden der Oberhautzellon gebildet würden, die sich auf gewöhnliche Weise schichtenweise verdickten, und zwar so dass in der Regel die innerste, letzt gebildete Schicht die Natur der primären Membran annehme, die äussern ältern Schichten dagegen gelatinös oder sonst von der gewöhnlichen Membran verschieden modificirt würden. Gestützt ist diese Ansicht

*) *Linnaea* 1842.

**) *Annales des sciences Tom. XXI.*

100. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Cycas revoluta*. Die Oberhautzellen (*b*) sind nach den Seiten und nach Aussen porös. Aussen mit der Absonderungsschicht *a* bedeckt.

auf sehr genaue und umfassende Untersuchungen der **fertigen** Oberhaut, denen *Mohl* nur ganz kurz die Bemerkung anhängt, dass die Entwicklung damit auch übereinstimme. Ich glaube eine recht vollständige Entwickelungsgeschichte dieser Theile wäre hier immerhin wichtiger gewesen als noch so umfassende Beobachtung der Fertigen. Ich glaube *H. Mohl* wird mir zugeben müssen, dass man alle fertigen Formen ohne vorgefasste Meinung mindestens eben so gut nach meiner Ansicht erklären kann. Ich glaube aber, dass seine Erklärungsweise bei einigen Verhältnissen z. B. bei *Cycas revoluta* auf unüberwindliche Schwierigkeiten stösst wegen der Porenbildung, die doch sonst ganz allgemein von der primären Zellenmembran ausgeht. Die allereinfachste und natürlichste Erklärung der Bildung bei *Cycas* scheint die zu seyn, dass einerseits eine Absonderung nach Aussen, andererseits eine Verdickung der ursprünglichen Zellenmembran durch Schichtenbildung nach Innen bis zur Entstehung von Porencanälen stattgefunden habe. Auch weist die Beobachtung früherer Zustände hier nach, dass die Poren mindestens gleichzeitig mit dem Anfang der *Cuticula*, vielleicht noch etwas früher sichtbar werden, was mit *Mohl's* Ansicht durchaus unvereinbar ist. Ich muss meine Ansicht zur Zeit noch durch Beobachtung der Entwicklungsgeschichte der Absonderungsschicht für gestützt halten. Insbesondere scheinen mir die Beobachtungen an *Oryza sativa*, der *Hyacinthe* und an *Dipsasus fullonum* hinlängliche Sicherheit zu gewähren.

Die zweite Ansicht ist die von *Hartig* (Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pflanzen 1843) aufgestellte. Er nimmt an, die erste Zelle, welche Grundlage der ganzen Pflanze sey (Urzelle), bleibe persistent und umgebe die ganze Pflanze fortwachsend während ihres ganzen Lebens, ziehe sich bald durch die Spaltöffnungen in die Intercellularräume hinein, bald über die Spaltöffnungen weg, dieselben verschliessend (S. 21)*). Diese Urzelle verhält sich später wie alle Zellen, d. h. sie sondert als Ptychode eine Astathe und Eustathe ab und diese letztern sollen meine Absonderungsschicht seyn, deren Bildungsgeschichte, als vollkommen richtig von mir dargestellt, bezeichnet wird. Hiergegen ist zu bemerken, dass im directen Widerspruch mit seiner ganzen Zellenbildungsansicht *H.* hier die Eustathe **vor** der Astathe entstehen lässt; ferner lässt sich eine Absondrung nach Aussen wohl bei einer Zelle denken, die einen formlosen Inhalt hat, in welchem chemische Processe vor sich gehen, aber nicht in *H.'s* fingirter Urzelle, die gar keinen eignen Inhalt hat, sondern nur die die Pflanze constituirenden Zellen umschliesst. Es müssten also hier die Oberhautzellen nach Aussen ihre eigene Eustathe und Astathe absondern und dann durch

*) Dies doppelte Verhalten der *Cuticula* zur Spaltöffnung ist an sich schon im höchsten Grade unwahrscheinlich und offenbar nur ersonnen, um die an sich nicht wegzuleugnenden Facta, dass die Spaltöffnung meistentheils unzweifelhaft unverschlossen in den darunter liegenden Intercellularraum führt, mit der aufgestellten Ansicht von der Urzelle zusammenzureimen.

diese und die Ptychode der Urzelle hindurch auch noch die Eustathe und Astathe der Urzelle. Man sieht schon hieraus, dass diese Ansicht höchst unklar gedacht ist und daher gar nicht von unmittelbarer Anschauung abgeleitet seyn kann. Ferner ist wieder zu bemerken, dass das Vorhandenseyn der Urzelle als unmittelbar auf den Oberhautzellen aufliegender Haut von *Hartig* in dem citirten Werk in keinem einzigen wirklichen Falle nachgewiesen ist, ebenso fehlt durchaus der Nachweis, dass die durch Schwefelsäure am Embryo darstellbare zarte *Cuticula* mit der den Oberhautzellen unmittelbar aufliegen sollenden Ptychode der Urzelle und nicht vielmehr mit der äussersten Absonderungsschicht (der Eustathe) der Oberhautzellen identisch sey. Ich halte sonach die von mir entwickelte Ansicht, die übrigens nicht wie *H.* sagt, die allgemeine, sondern mir eigenthümlich ist, bis jetzt noch für besser begründet und richtiger.

Die zwei Spaltöffnungzellen unterscheiden sich, wie schon früher bemerkt, in ihrem Inhalt und Lebensprocess nicht von denen des darunter liegenden Parenchyms. Die Spalte, die sie zwischen sich lassen, ist an derselben Pflanze zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Stellen verschieden weit geöffnet, und dadurch wird offenbar die Möglichkeit der Communication des Parenchyms mit der Atmosphäre modificirt. Wir sind hier noch sehr zurück und wissen noch nicht einmal, ob ein Turgesciren oder Collabiren der Zellen eine Verengerung der Spalte bedingt. Mir ist das Letzte wahrscheinlicher, weil dadurch bei zu grosser Verdunstung, welche offenbar diese Zellen zuerst trifft, die Verdunstung aufgehalten würde.

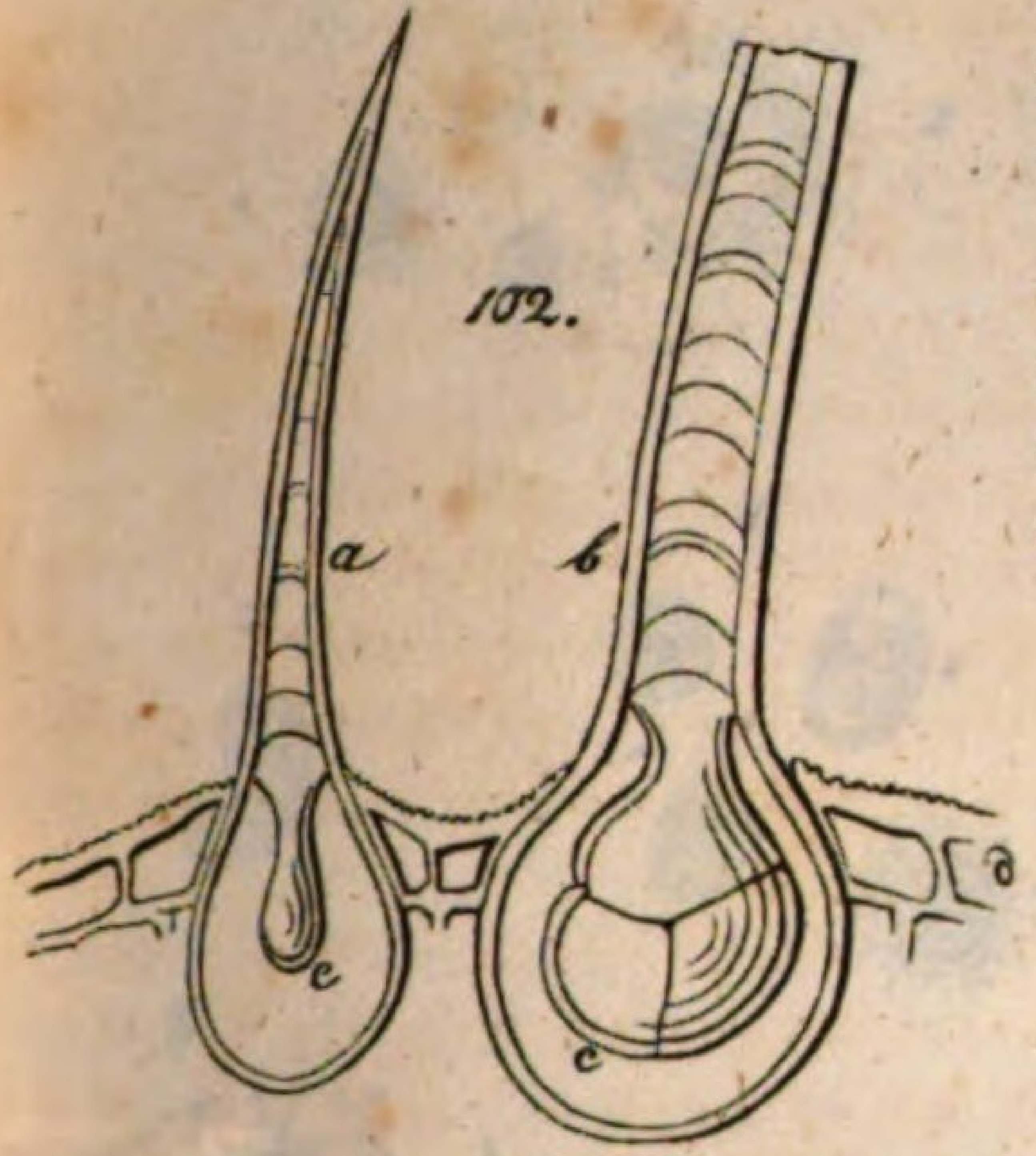

101.

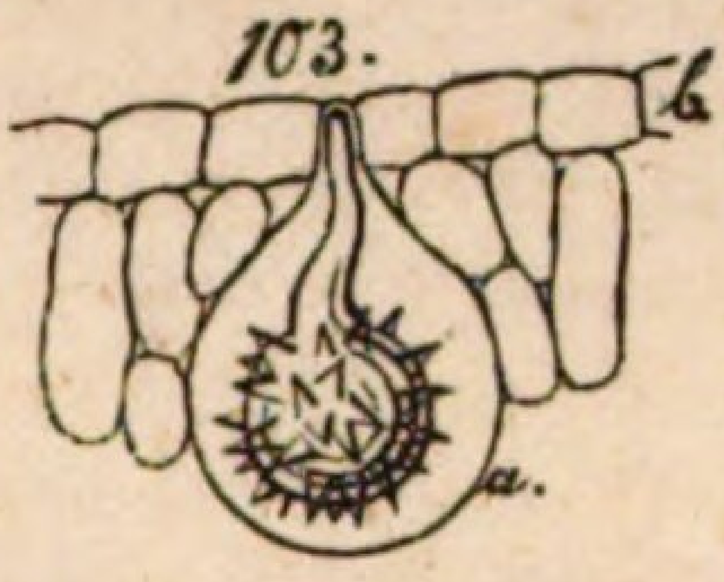
Die appendiculären Organe bestehen wieder aus Zellen, die wie das Parenchyma weniger von ihrer Individualität haben aufgeben müssen, deshalb zeigen sich auch in ihnen zahllose eigenthümliche Processe, woraus besondere Substanzen hervorgehen, die zum Theil abgesondert werden, namentlich klebrige, süsse, harzartige Stoffe und ätherische Oele. Die Verhältnisse sind unendlich mannigfaltig, und das Nöthige zum Theil schon oben bemerkt.

Auf eine Erscheinung muss ich hier noch aufmerksam machen. Die Brennhaare der Borragineen (*Borrago officinalis*) und Urticeen füllen sich im Alter von der Spitze nach der Basis mit einem von der Wand verschiedenen, schichtenweis abgelagerten assimilirten Stoff. Bei den Urticeen (bei den Borragineen habe ich Aehnliches noch nicht finden können) bildet diese Füllmasse (*c*) sobald sie bis zur angeschwollenen Basis der Haare herabgestiegen ist, einen in diese letztere hineinragenden zuweilen länger oder kürzer gestielten Ballen (*Ficus*, *Broussonetia*), der zuweilen mit kleinen, kohlensauren Kalkkrystallen besetzt wird (103). Bei *Cannabis* ragen diese Haare nur mit einer kleinen Spitze über die Oberhaut hervor, bei *Urtica canadensis*

101. Oberer Theil eines Haares von *Borrago officinalis*, anfänglich schichtenweis verdickt, dann von oben nach unten allmälig durch feste Ablagerungen ausgefüllt

liegt nur eine grosse kugelförmige Zelle mit der Fläche der Oberhaut gleich, bei *Parietaria judaica, Humulus, Forskaelia tenacissima* liegt eine gleiche Zelle (*a*) unter der Oberhaut (*b*). Ich glaube man darf die letzteren als specifisch gesetzmässig unentwickelte Brennhaare ansehen*).





§. 64.

Die Zellen der Wurzelhülle führen nur Luft und dienen vielleicht zur Verdichtung des Wasserdunstes und Zuleitung desselben zum Parenchym der Wurzel.


Abermals ist hier noch ein ungelöstes Räthsel, dessen Deutung ich nicht anders zu geben vermag, obwohl hier mehr die Betrachtung der Verhältnisse, unter welchen diese Wurzeln an Pflanzen, welche meist ohne Boden in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Atmosphäre wachsen, vorkommen, dabei leiten kann. Auf die angebliche grosse Hygroskopicität der Spiralfasern, die von *Meyen* immer hervorgehoben wird, gebe ich nicht viel, mehr auf die höchst poröse Beschaffenheit dieser Schicht, die vielleicht ähnlich einer frisch ausgeglühten Holzkohle wirkt.

*) *Meyen* (*Müller's* Archiv, Jahrg. 1839, S. 257) entdeckte diese Concretionen bei *Ficus*. *Payen* (*Froriep's* Notizen Bd. XVI, Nr. 335) fand sie bei mehreren Pflanzen und verspann sie nach Art der Franzosen gleich zu einer weitläufigen, dem genaueren Physiologen sich gleich von selbst widerlegenden sogenannten Theorie.

102. Senkrechter Schnitt durch die Epidermis (*d*) des Blattes von *Ficus carica*, wodurch zwei Haare (*a* und *b*) mit ihrem untern blasig angeschwollnen Theile frei gelegt sind. Von *b* ist die Spitze in der Zeichnung weggelassen. Beide Haare sind nach oben durch allmälige Ablagerungen ausgefüllt und diese Concretionen (*c*) hängen in die untere Erweiterung der Haarzelle hinein. Im Haare *b* besteht diese Concretion aus 3 vereinigten Stücken.

103. Schnitt senkrecht auf die Blattfläche von *Humulus lupulus*, durch die Oberhaut (*b*) und einige darunter liegende Parenchymzellen. *a* eine nach Innen zu blasig angeschwollene Zelle der Oberhaut, den Haaren von *Ficus* analog. Das schmälere Ende ist ausgefüllt und von hier hängt an einer Art von Stiel eine mit Kalkkrystallen besetzte Concretionsmasse in den erweiterten Theil der Zelle hinein.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.



M. J. Schleiden del.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Schleiden, Matthias Jacob,

Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik nebst einer methodologischen Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanze

Bd.: 1

Leipzig 1845. 46

Phyt. 620 rc-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10303187-3